

(19)



JAPANESE PATENT OFFICE

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11) Publication number: **07320295 A**(43) Date of publication of application: **08.12.95**

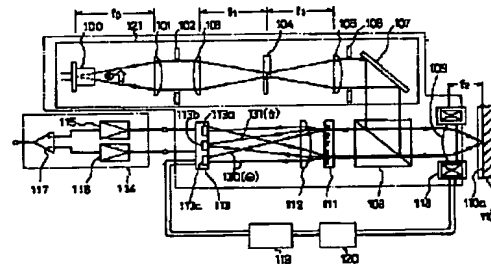
(51) Int. Cl.

G11B 7/135
G11B 7/09(21) Application number: **07067627**(22) Date of filing: **27.03.95**(30) Priority: **29.03.94 JP 06 58994**(71) Applicant: **MATSUSHITA ELECTRIC IND CO LTD**(72) Inventor: **KATO MAKOTO**
KASASUMI KENICHI
KADOWAKI SHINICHI
YAMAMOTO HIROAKI
YAMAMOTO KAZUHISA(54) **SUPER-RESOLUTION OPTICAL HEAD DEVICE** COPYRIGHT: (C)1995,JPO

(57) Abstract:

PURPOSE: To obtain a super-resolution optical head device in which two dimensional scanning is realized by a condensing light beam system having equivalently apporoximately 70% of diffraction limit by employing a simple optical system.

CONSTITUTION: A light beam emitted from a linearly polarized coherent light source 100 is made incident on a polarization phase plate 104, which generates a main beam having mutally orthogonal polarized components and an auxiliary beam having a bimodal shape whose central positions and main section sizes are matched with each other. The main and the auxiliary beams are condensed on an information storage surface 110a of an optical disk 110, are polarization- separated after reflection and are individually detected by first, second and third photodetectors 113a, 113b and 113c, respectively. The output signals from the photodetectors 113a, 113b and 113c are operated by a difference computer 117 and outputted.



(19)日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開平7-320295

(43)公開日 平成7年(1995)12月8日

(51)Int.Cl.⁵
G 1 1 B 7/135
7/09

識別記号 庁内整理番号
Z 7247-5D
A 7247-5D
A 9368-5D

F I

技術表示箇所

審査請求 未請求 請求項の数14 O L (全 23 頁)

(21)出願番号 特願平7-67627

(22)出願日 平成7年(1995)3月27日

(31)優先権主張番号 特願平6-58994

(32)優先日 平6(1994)3月29日

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(72)発明者 加藤 誠

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 笠澄 研一

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72)発明者 門脇 慎一

大阪府高槻市幸町1番1号 松下電子工業
株式会社内

(74)代理人 弁理士 前田 弘 (外2名)

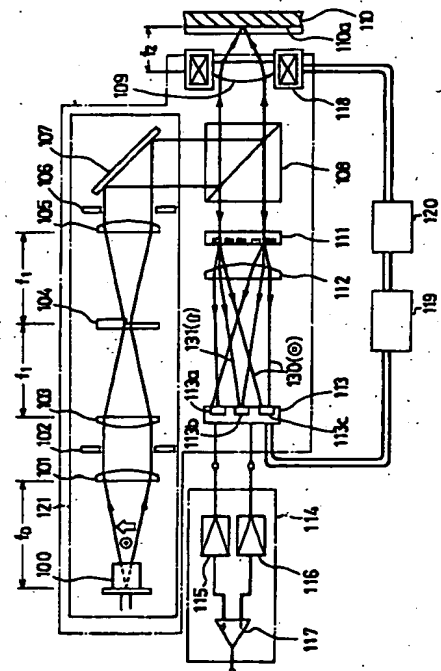
最終頁に続く

(54)【発明の名称】 超解像光ヘッド装置

(57)【要約】

【目的】 シンプルな光学系により、等価的に回折限界の約70%の集光ビーム系での2次元走査を可能とする超解像光ヘッド装置を実現する。

【構成】 直線偏光のコヒーレント光源100から出射する光ビームは、偏光性位相板104に入射し、互いに直交する偏光成分を有する主ビームと中心位置及び主要部サイズが一致する双峰状の副ビームを生成する。主ビーム及び副ビームは光ディスク110の情報記憶面110aに集光され、反射後に偏光分離されて別々に第1～第3の光検出器113a～113cにより検出される。第1～第3の光検出器113a～113cからの出力信号は差動演算器117によって演算され、出力される。



【特許請求の範囲】

【請求項1】 主ビームとなる第1のコヒーレント光を発する第1のコヒーレント光源と、

前記第1のコヒーレント光の偏光面と直交する偏光面を有するか又は前記第1のコヒーレント光の波長と異なる波長を有する第2のコヒーレント光を発する第2のコヒーレント光源と、

前記第2のコヒーレント光の入射を受け、光軸に垂直な面内でビーム中心の少なくとも両側にピーク値を持ちビーム主要部のサイズが前記主ビームの主要部のサイズと実質的に等しい光強度分布を有する副ビームを出射する位相板と、

前記第1のコヒーレント光源から出射された主ビームと前記位相板から出射された副ビームとを重畳せしめて情報記憶面に集光する集光手段と、

前記主ビームと前記副ビームとが重畳してなる光ビームが前記情報記憶面に設けられた光学的情報記憶担体にフォーカシング及びトラッキングするように前記集光手段を駆動させる駆動手段と、

前記情報記憶面から反射してきた光ビームの入射を受け、該光ビームを主ビームと副ビームとに偏光分離又は波長分離して出射する光分離手段と、

該光分離手段から出射された主ビーム及び副ビームの光強度を別々に検出して光強度信号を出力する光検出手段と、

該光検出手段から出力された光強度信号に基づき超解像走査信号を演算して出力する演算手段とを備えていることを特徴とする超解像光ヘッド装置。

【請求項2】 主ビームとなるコヒーレント光を発する第1のコヒーレント光源と、

前記第1のコヒーレント光の偏光面と直交する偏光面を有するか又は前記第1のコヒーレント光の波長と異なる波長を有する第2のコヒーレント光を発する第2のコヒーレント光源と、

前記第2のコヒーレント光の入射を受け、光軸に垂直な面内でビーム中心の少なくとも両側にピーク値を持ちビーム主要部のサイズが前記主ビームの主要部のサイズと実質的に等しい光強度分布を有する副ビームを出射するホログラム素子と、

前記第1のコヒーレント光源から出射された主ビームと前記ホログラム素子から出射された副ビームとを重畳せしめて情報記憶面に集光する集光手段と、

前記主ビームと前記副ビームとが重畳してなる光ビームが前記情報記憶面に設けられた光学的情報記憶担体にフォーカシング及びトラッキングするように前記集光手段を駆動させる駆動手段と、

前記情報記憶面から反射してきた光ビームの入射を受け、該光ビームを主ビームと副ビームとに偏光分離又は波長分離して出射する光分離手段と、

該光分離手段から出射された主ビーム及び副ビームの光

強度を別々に検出して光強度信号を出力する光検出手段と、

該光検出手段から出力された光強度信号に基づき超解像走査信号を演算して出力する演算手段とを備えていることを特徴とする超解像光ヘッド装置。

【請求項3】 前記位相板は、位相板中心回りにN個（Nは2以上の整数）に分割されており前記第2のコヒーレント光源から発せられた第2のコヒーレント光に対して相対的位相差 $0, 2\pi/N, (2\pi/N) \times 2, (2\pi/N) \times 3, \dots$ 、及び $(2\pi/N) \cdot (2N-1)$ を順に与えるN個の領域を有し、該N個の領域を通過する第2のコヒーレント光を前記副ビームとして出射することを特徴とする請求項1に記載の超解像光ヘッド装置。

【請求項4】 前記位相板は、前記第2のコヒーレント光源に近接又は密接して該第2のコヒーレント光源と一体に設けられていることを特徴とする請求項1又は2に記載の超解像光ヘッド装置。

【請求項5】 前記第1及び第2のコヒーレント光源は、それぞれの偏光面が互いに直交するように配置された一対の直線偏光レーザであることを特徴とする請求項1又は2に記載の超解像光ヘッド装置。

【請求項6】 前記光分離手段は、屈折率一軸異方性を有する基板と該基板の上に形成された偏光性ホログラム素子又は偏光性回折格子からなり、前記光ビームを前記主ビームと前記副ビームとに偏光分離する偏光分離手段であることを特徴とする請求項1又は2に記載の超解像光ヘッド装置。

【請求項7】 前記光分離手段は、多層膜誘電体フィルターからなり、前記光ビームを前記主ビームと前記副ビームとに波長分離する波長分離手段であることを特徴とする請求項1又は2に記載の超解像光ヘッド装置。

【請求項8】 コヒーレント光を発するコヒーレント光源と、

該コヒーレント光源から発せられたコヒーレント光の入射を受け、該コヒーレント光を、主ビームと、該主ビームの偏光面と直交する偏光面を有し前記主ビームの中心の少なくとも両側にピークを持ちビーム主要部のサイズが前記主ビームの主要部のサイズと実質的に等しい光強度分布を有する副ビームとに分離して出射する偏光性位相板と、

該偏光性位相板から出射された主ビームと副ビームとを重畳せしめて情報記憶面に集光する集光手段と、

前記主ビームと前記副ビームとが重畳してなる光ビームが前記情報記憶面に設けられた光学的情報記憶担体にフォーカシング及びトラッキングするように前記集光手段を駆動させる駆動手段と、

前記情報記憶面から反射してきた光ビームの入射を受け、該光ビームを主ビームと副ビームとに偏光分離して出射する偏光分離手段と、

該偏光分離手段から出射された主ビーム及び副ビームの光強度を別々に検出して光強度信号を出力する光検出手段と、

該光検出手段から出力された光強度信号に基づき超解像走査信号を演算して出力する演算手段とを備えていることを特徴とする超解像光ヘッド装置。

【請求項9】 前記偏光分離手段は、屈折率一軸異方性を有する基板と該基板の上に形成された偏光性ホログラム素子又は偏光性回折格子からなることを特徴とする請求項8に記載の超解像光ヘッド装置。

【請求項10】 前記偏光性位相板は、前記コヒーレント光源から発せられたコヒーレント光を一方向の偏光面を有する光成分と前記一方向と直交する他の方向の偏光面を有する光成分とに偏光分離し、前記一方向の偏光面を有する光成分を前記主ビームとして出射し、前記他の方向の偏光面を有する光成分に対して相対位相差を与えない第1の領域と π の相対位相差を与える第2の領域とを有し、該第1及び第2の領域を通過する光成分を前記副ビームとして出射することを特徴とする請求項8に記載の超解像光ヘッド装置。

【請求項11】 前記第1及び第2の領域は、前記偏光性位相板における中心回りに分割された4領域に交互に2領域ずつ形成されていることを特徴とする請求項10に記載の超解像光ヘッド装置。

【請求項12】 前記偏光性位相板は、前記コヒーレント光源から発せられたコヒーレント光を一方向の偏光面を有する光成分と前記一方向と直交する他の方向の偏光面を有する光成分とに偏光分離し、前記一方向の偏光面を有する光成分は相対的位相差を与えることなく出射し、位相板回りに N 個（ N は2以上の整数）に分割されており前記他の方向の偏光面を有する光成分に対して相対位相差 $0, 2\pi/N, (2\pi/N) \times 2, (2\pi/N) \times 3, \dots$ 、及び $(2\pi/N) \cdot (N-1)$ を順に与える N 個の領域を有し、該 N 個の領域を通過する光成分を前記副ビームとして出射することを特徴とする請求項8に記載の超解像光ヘッド装置。

【請求項13】 第1のパルス列と、該第1のパルス列の各パルスに対して時系列的に交互に発生する第2のパルス列とを有するコヒーレント光を発するコヒーレント光源と、

前記コヒーレント光の入射を受け、該コヒーレント光の波面に前記第1及び第2のパルス列に同期して選択的に位相変移を与えることにより、前記コヒーレント光を、前記第1のパルス列よりなる主ビームと、前記第2のパルス列よりなり前記主ビームの光軸に垂直な面でビーム中心の少なくとも両側にピーク値を持ちビーム主要部のサイズが前記主ビームの主要部のサイズと実質的に等しい光強度分布を有する副ビームとを出射する位相変調手段と、

該位相変調手段から出射された主ビーム及び副ビームを

情報記憶面に集光する集光手段と、

前記主ビーム及び副ビームが前記情報記憶面に設けられた光学的情報記憶担体にフォーカシング及びトラッキングするように前記集光手段を駆動させる駆動手段と、前記情報記憶面から反射してきた主ビーム及び副ビームの光強度を時間分離して別々に逐次検出して光強度信号を出力する光検出手段と、

該光検出手段から出力された光強度信号に対して前記第1のパルス列と前記第2のパルス列と間のパルス列間隔相当の遅延時間を選択的に与える遅延手段と、前記光検出手段から出力された光強度信号と前記遅延手段により前記遅延時間を与えられた光強度信号とに基づき超解像走査信号を演算して出力する演算手段とを備えていることを特徴とする超解像光ヘッド装置。

【請求項14】 コヒーレント光を発するコヒーレント光源と、

前記コヒーレント光源から発せられたコヒーレント光を、主ビームと、該主ビームの偏光面と直交する偏光面を有し前記主ビームの中心の少なくとも両側にピークを持ちビーム主要部のサイズが前記主ビームの主要部のサイズと実質的に等しい光強度分布を有する副ビームとに分離して出射する偏光性位相板と、

該偏光性位相板から出射された主ビームと副ビームとを重畳せしめて情報記憶面に集光する集光手段と、前記主ビームと前記副ビームとが重畳してなる光ビームが前記情報記憶面に設けられた光学的情報記憶担体にフォーカシング及びトラッキングするように前記集光手段を駆動させる駆動手段と、

前記集光手段と一体に設けられ、前記情報記憶面から反射してきた復路の光ビームを回折させて前記コヒーレント光源の発光面とほぼ同一の平面上に導くホログラム素子と、

該ホログラム素子により回折された復路の光ビームの入射を受け、該復路の光ビームを主ビームと副ビームとに偏光分離して出射する偏光分離手段と、

前記コヒーレント光源の発光面とほぼ同一の平面上に設けられ、前記偏光分離手段から出射された主ビーム及び副ビームの光強度を別々に検出して光強度信号を出力する光検出手段と、

該光検出手段から出力された光強度信号に基づき超解像走査信号を演算して出力する演算手段とを備えていることを特徴とする超解像光ヘッド装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、集光ビームを情報記憶面に集光して光学的に情報読出しを行なう超解像光ヘッド装置に関し、特に光ディスク用光ヘッド装置、バーコードスキャナー又は画像スキャナー等に適用可能な超解像光ヘッド装置に関する。

【0002】

【従来の技術】前記の超解像光ヘッド装置は、コヒーレントビームを情報記憶面の微小スポットに集光ビームとして集光する集光手段と、情報記憶面から反射されてくる反射ビームの光強度を検出する光電変換手段とを備えており、回折限界又は回折限界以下の微小スポットの集光ビームが得られるような工夫が種々成されている。

【0003】図16は超解像光学系として良く知られた輪帯状の開口部を用いる従来の結像光学系を再回折光学系として示した概略構成図である。このような輪帯状開口方式の超解像光学系は、光ヘッド装置への適用例として以下の文献に報告されている。

【0004】1) "High Density Optical Recording by Super resolution," Y. Yamada, Y. Hirose and K. Kubota, Proc. Int. Symp. on Optical Memory, 1989, Jap. J. of Appl. Phys., Vol. 28 (1989) supplement 28-3, pp. 197-200.
2) "Optical Head with Annular Phase-Shifting Apertizer," Hideo Ando, Tsuneshi Yokota and Koki Tanoue, Jap. J. Appl. Phys., Vol. 32 (1993) pp. 5269-5276, pt. 1, N 0. 11B.

図16に示すように、コヒーレント光源50から発せられたコヒーレントビームは、コリメートレンズ(第1のフーリエ変換レンズ)51により平行光にされた後、輪帯状開口部52の開口(1次元的にはスリット開口)52a, 52bを通過して対物レンズ(第2のフーリエ変換レンズ)53によって結像され、前記輪帯状開口部(透過率)52のパワースペクトルとして図示されているI(X)のような超解像スポットが得られる。

【0005】前記文献1)は、このような超解像スポットを一次元的に構成し、メインローブだけをスリット状ナイフエッジで取り出して利用する光ヘッドについて説明している。また、前記文献2)は、2次元的に超解像スポットを実現するため、輪帯状開口部として複数の位相分布及び所定の振幅分布を用い、図16において生じているメインローブ外側のサイドローブの抑圧を図る方式について説明している。後者の方式においてはサイドローブの抑圧のため、輪帯状開口部の設計条件が最適化されている。

【0006】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、輪帯状開口部によりサイドローブを抑圧する方式では集光ビームの強度が低下することは免れない。例えば、集光ビームのピーク値が50%~15%程度に低下する場合に、メインローブの半値幅を回折限界の85%まで狭めると、サイドローブの強度比がメインローブのピーク値の7%程度になる。

【0007】上述したように、対物レンズの開口面に相当する平面にスリット状又は輪帯状の開口部を設けると、サイドローブが成る程度抑圧された回折限界を超える超解像を得ることができる反面、結像面に至る光量が著しく低減するので、メインローブの光量が減少すると

いう問題、及びサイドローブ遮蔽用の開口部を設けることに伴い、光学経路の調整に精度が要求されると共に光学系を構成する部品の経時変化等により装置の信頼性が低下すると言う問題がある上に、ビームの半値幅も高々10~20%程度に小さくなる。

【0008】前記に鑑み、本発明は、シンプルな光学系により、光量の著しい減少を招くことなく、回折限界のビーム幅を約70%~50%程度にまで小さくすることができる極めて高性能の超解像光ヘッド装置を提供することを目的とする。

【0009】

【課題を解決するための手段】前記の目的を達成するため、請求項1の発明は、互いにインコヒーレントで且つ主要部のサイズは互いに等しいが、ビーム中心に強度のピークを有する主ビームとビーム中心の少なくとも両側に強度のピークを有する副ビームとを情報記憶面に重畳して集光し、情報記憶面から反射されてきた光ビームを分離して光強度を差動的に検出することによって超解像光学系を実現するものである。

【0010】具体的に請求項1の発明が講じた解決手段は、超解像光ヘッド装置を、主ビームとなる第1のコヒーレント光を発する第1のコヒーレント光源と、前記第1のコヒーレント光の偏光面と直交する偏光面を有するか又は前記第1のコヒーレント光の波長と異なる波長を有する第2のコヒーレント光を発する第2のコヒーレント光源と、前記第2のコヒーレント光の入射を受け光軸に垂直な面内でビーム中心の少なくとも両側にピーク値を持ちビーム主要部のサイズが前記主ビームの主要部のサイズと実質的に等しい光強度分布を有する副ビームを出射する位相板と、前記第1のコヒーレント光源から出射された主ビームと前記位相板から出射された副ビームとを重畳せしめて情報記憶面に集光する集光手段と、前記主ビームと前記副ビームとが重畳してなる光ビームが前記情報記憶面に設けられた光学的情報記憶担体にフォーカシング及びトラッキングするように前記集光手段を駆動させる駆動手段と、前記情報記憶面から反射してきた光ビームの入射を受け該光ビームを主ビームと副ビームとに偏光分離又は波長分離して出射する光分離手段と、該光分離手段から出射された主ビーム及び副ビームの光強度を別々に検出して光強度信号を出力する光検出手段と、該光検出手段から出力された光強度信号に基づき超解像走査信号を演算して出力する演算手段とを備えている構成とするものである。

【0011】請求項2の発明は、請求項1の位相板に代えてホログラム素子を用いることによって超解像光学系を実現するものである。

【0012】具体的に請求項2の発明が講じた解決手段は、超解像光ヘッド装置を、主ビームとなるコヒーレント光を発する第1のコヒーレント光源と、前記第1のコヒーレント光の偏光面と直交する偏光面を有するか又は

前記第1のコヒーレント光の波長と異なる波長を有する第2のコヒーレント光を発する第2のコヒーレント光源と、前記第2のコヒーレント光の入射を受け光軸に垂直な面内でビーム中心の少なくとも両側にピーク値を持ちビーム主要部のサイズが前記主ビームの主要部のサイズと実質的に等しい光強度分布を有する副ビームを出射するホログラム素子と、前記第1のコヒーレント光源から出射された主ビームと前記ホログラム素子から出射された副ビームとを重畳せしめて情報記憶面に集光する集光手段と、前記主ビームと前記副ビームとが重畳してなる光ビームが前記情報記憶面に設けられた光学的情報記憶担体にフォーカシング及びトラッキングするように前記集光手段を駆動させる駆動手段と、前記情報記憶面から反射してきた光ビームの入射を受け該光ビームを主ビームと副ビームとに偏光分離又は波長分離して出射する光分離手段と、該光分離手段から出射された主ビーム及び副ビームの光強度を別々に検出して光強度信号を出力する光検出手段と、該光検出手段から出力された光強度信号に基づき超解像走査信号を演算して出力する演算手段とを備えている構成とするものである。

【0013】請求項3の発明は、位相板を介して光軸対称の強度分布を有する副ビームをシンプルな構成で得るため、請求項1の構成に、前記位相板は、位相板中心回りに N 個 (N は2以上の整数) に分割されており前記第2のコヒーレント光源から発せられた第2のコヒーレント光に対して相対的位相差 $0, 2\pi/N, (2\pi/N) \times 2, (2\pi/N) \times 3, \dots$ 、及び $(2\pi/N) \cdot (2N-1)$ を順に与える N 個の領域を有し、該 N 個の領域を通過する第2のコヒーレント光を前記副ビームとして出射するという構成を付加するものである。

【0014】請求項4の発明は、副ビームをシンプルな構成で得るため、請求項1又は2の構成に、前記位相板は前記第2のコヒーレント光源に近接又は密接して該第2のコヒーレント光源と一体に設けられているという構成を付加するものである。

【0015】請求項5の発明は、互いに直交する偏光面を有する主ビーム及び副ビームをシンプルな構成で得るため、請求項1又は2の構成に、前記第1及び第2のコヒーレント光源は、それぞれの偏光面が互いに直交するように配置された一対の直線偏光レーザーであるという構成を付加するものである。

【0016】請求項6の発明は、光分離手段をシンプルに構成するため、請求項1又は2の構成に、前記光分離手段は、屈折率一軸異方性を有する基板と該基板の上に形成された偏光性ホログラム素子又は偏光性回折格子とからなり前記光ビームを主ビームと副ビームとに偏光分離する偏光分離手段であるという構成を付加するものである。

【0017】請求項7の発明は、光分離手段をシンプルに構成するため、請求項1又は2の構成に、光分離手段

は、多層膜誘電体フィルターからなり前記光ビームを主ビームと副ビームとに波長分離する波長分離手段であるという構成を付加するものである。

【0018】請求項8の発明は、単一のコヒーレント光源から発したコヒーレント光を偏光性位相板により、互いに直交する偏光面を有しビーム中心にピーク値を有する主ビームと該主ビームの中心の少なくとも両側にピーク値を持つ副ビームとに分離し、主ビームと副ビームとを情報記憶面に集光し、情報記憶面から反射されてきた光ビームを偏光分離して光強度を差動的に検出することによって超解像光学系を実現するものである。

【0019】具体的に請求項8の発明が講じた解決手段は、超解像光ヘッド装置を、コヒーレント光を発するコヒーレント光源と、該コヒーレント光源から発せられたコヒーレント光の入射を受け該コヒーレント光を主ビームと該主ビームの偏光面と直交する偏光面を有し前記主ビームの中心の少なくとも両側にピークを持ちビーム主要部のサイズが前記主ビームの主要部のサイズと実質的に等しい光強度分布を有する副ビームとに分離して出射する偏光性位相板と、該偏光性位相板から出射された主ビームと副ビームとを重畳せしめて情報記憶面に集光する集光手段と、前記主ビームと前記副ビームとが重畳してなる光ビームが前記情報記憶面に設けられた光学的情報記憶担体にフォーカシング及びトラッキングするように前記集光手段を駆動させる駆動手段と、前記情報記憶面から反射してきた光ビームの入射を受け該光ビームを主ビームと副ビームとに偏光分離して出射する偏光分離手段と、該偏光分離手段から出射された主ビーム及び副ビームの光強度を別々に検出して光強度信号を出力する光検出手段と、該光検出手段から出力された光強度信号に基づき超解像走査信号を演算して出力する演算手段とを備えている構成とするものである。

【0020】請求項9の発明は、偏光分離手段をシンプルに構成するため、請求項8の構成に、前記偏光分離手段は屈折率一軸異方性を有する基板と該基板の上に形成された偏光性ホログラム素子又は偏光性回折格子からなるという構成を付加するものである。

【0021】請求項10の発明は、偏光性位相板をシンプルな構成で得るため、請求項8の構成に、前記偏光性位相板は、前記コヒーレント光源から発せられたコヒーレント光を一つの方向の偏光面を有する光成分と前記一つの方向と直交する他の方向の偏光面を有する光成分とに偏光分離し、前記一つの方向の偏光面を有する光成分を前記主ビームとして出射し、前記他の方向の偏光面を有する光成分に対して相対位相差を与えない第1の領域と π の相対位相差を与える第2の領域とを有し、該第1及び第2の領域を通過する光成分を前記副ビームとして出射するという構成を付加するものである。

【0022】請求項11の発明は、請求項10の構成に、前記第1及び第2の領域は前記偏光性位相板におけ

る中心回りに分割された4領域に交互に2領域づつ形成されているという構成を付加するものである。

【0023】請求項12の発明は、偏光性位相板を介して光軸対称の強度分布を有する副ビームをシンプルな構成で得るため、請求項8の構成に、前記偏光性位相板は、前記コヒーレント光源から発せられたコヒーレント光を一方の方向の偏光面を有する光成分と前記一方の方向と直交する他の方向の偏光面を有する光成分とに偏光分離し、前記一方の方向の偏光面を有する光成分は相対的位相差を与えることなく出射し、位相板回りにN個(Nは2以上の整数)に分割されており前記他の方向の偏光面を有する光成分に対して相対位相差0, $2\pi/N$, $(2\pi/N) \times 2$, $(2\pi/N) \times 3$, ..., 及び $(2\pi/N) \cdot (N-1)$ を順に与えるN個の領域を有し、該N個の領域を通過する光成分を前記副ビームとして出射するという構成を付加するものである。

【0024】請求項13の発明は、単一のコヒーレント光源から交互に発生する一対のパルス列を用い、一方のパルス列はビーム中心にピークを有する主ビームとし、他方のパルス列には位相変調を加えることによって前記主ビームの中心の少なくとも両側にピーク値を持つ副ビームとし、主ビーム及び副ビームを情報記憶面に集光し、情報記憶面から反射されてきた主ビーム及び副ビームのパルス列を時間分離してその光強度を別々に検出し、選択的に遅延時間を与えられた主ビーム及び副ビームに対応する光強度を差動的に検出することによって超解像光学系を実現するものである。

【0025】具体的に請求項13の発明が講じた手段は、超解像光ヘッド装置を、第1のパルス列と該第1のパルス列の各パルスに対して時系列的に交互に発生する第2のパルス列とを有するコヒーレント光を発するコヒーレント光源と、前記コヒーレント光の入射を受け該コヒーレント光の波面に前記第1及び第2のパルス列に同期して選択的に位相変移を与えることにより前記コヒーレント光を前記第1のパルス列よりなる主ビームと前記第2のパルス列よりなる前記主ビームの光軸に垂直な面内でビーム中心の少なくとも両側にピーク値を持ちビーム主要部のサイズが前記主ビームの主要部のサイズと実質的に等しい光強度分布を有する副ビームとを出射する位相変調手段と、該位相変調手段から出射された主ビーム及び副ビームを情報記憶面に集光する集光手段と、前記主ビーム及び副ビームが前記情報記憶面に設けられた光学的情報記憶担体にフォーカシング及びトラッキングするように前記集光手段を駆動させる駆動手段と、前記情報記憶面から反射してきた主ビーム及び副ビームの光強度を別々に検出して光強度信号を出力する光検出手段と、該光検出手段から出力された光強度信号に対して前記第1のパルス列と前記第2のパルス列と間のパルス列間隔相当の遅延時間を選択的に与える遅延手段と、前記光検出手段から出力された光強度信号と前記遅延手段に

より前記遅延時間を与えられた光強度信号とに基づき超解像走査信号を演算して出力する演算手段とを備えている構成とするものである。

【0026】請求項14の発明は、単一のコヒーレント光源から発したコヒーレント光を、偏光性位相板により、互いに直交する偏光面を有しビーム中心にピーク値を有する主ビームと該主ビームの中心の少なくとも両側にピーク値を持つ副ビームとに分離し、往路光学系において主ビームと副ビームとを情報記憶面に集光し、復路において情報記憶面から反射されてきた主ビームをホログラム素子によって回折させると共に、主ビームと副ビームとを偏光分離して光強度を差動的に検出することによって、超解像光学系を実現するものである。

【0027】具体的に請求項14の発明が講じた解決手段は、超解像光ヘッド装置を、コヒーレント光を発するコヒーレント光源と、前記コヒーレント光源から発せられたコヒーレント光を、主ビームと、該主ビームの偏光面と直交する偏光面を有し前記主ビームの中心の少なくとも両側にピークを持ちビーム主要部のサイズが前記主ビームの主要部のサイズと実質的に等しい光強度分布を有する副ビームとに分離して出射する偏光性位相板と、該偏光性位相板から出射された主ビームと副ビームとを重畳せしめて情報記憶面に集光する集光手段と、前記主ビームと前記副ビームとが重畳してなる光ビームが前記情報記憶面に設けられた光学的情報記憶担体にフォーカシング及びトラッキングするように前記集光手段を駆動させる駆動手段と、前記集光手段と一体に設けられ、前記情報記憶面から反射してきた復路の光ビームを回折させて前記コヒーレント光源の発光面とほぼ同一の平面上に導くホログラム素子と、該ホログラム素子により回折された復路の光ビームの入射を受け、該復路の光ビームを主ビームと副ビームとに偏光分離して出射する偏光分離手段と、前記コヒーレント光源の発光面とほぼ同一の平面上に設けられ、前記偏光分離手段から出射された主ビーム及び副ビームの光強度を別々に検出して光強度信号を出力する光検出手段と、該光検出手段から出力された光強度信号に基づき超解像走査信号を演算して出力する演算手段とを備えている構成とするものである。

【0028】

【作用】請求項1の構成により、主ビームは通常のAiry disc 状パターン又は光軸中心に光強度のピーク値を有するビームとなり、副ビームの主要部は集光面で主ビームの半値幅と等しいビームサイズを有し且つビーム中心の少なくとも両側に副ビームのピークが形成され、情報記憶面において主ビーム及び副ビームは互いにインコヒーレントに重畳して集光され、主ビームと副ビームとが情報記憶面で重畳してなる光ビームは情報記憶面から反射された後、偏光分離又は波長分離されて主ビーム及び副ビームとして独立に光強度が検出され、該光強度が差動的に演算されることにより、等価的に主ビームの強度

分布と副ビームの強度分布との差分として走査された出力信号が得られるので、超解像光信号をシンプル且つ確実に得ることができる。

【0029】請求項2の構成により、主ビームは通常のAiry disc 状パターン又は光軸中心に光強度のピーク値を有するビームとなり、ホログラム素子から再生される形で生成される副ビームの主要部は情報記憶面において主ビームの半値幅と等しいビームサイズを有し且つ副ビームのビーム中心の少なくとも両側に光強度のピークが形成され、情報記憶面において主ビームと副ビームとはインコヒーレントに重畳して集光され、主ビームと副ビームとが情報記憶面において重畳してなる光ビームは情報記憶面から反射された後、偏光分離又は波長分離されて主ビーム及び副ビームとして独立に光強度が検出され、該光強度が差動的に演算されることにより、等価的に主ビームの強度分布と副ビームの強度分布との差分として演算された出力信号が得られるので、超解像光信号をシンプル且つ確実に得ることができる。

【0030】請求項3の構成により、主ビームと、ビーム中心を軸として円環状にピークを有し主ビームと同軸の副ビームとが重畳された光ビームを情報記憶面に集光し、情報記憶面から反射してきた光ビームを主ビームと副ビームとに偏光分離して独立に光強度を検出するので、回折限界よりも細い円形ビームを用いた場合と等価な超解像光信号を安定して実現することができる。

【0031】請求項4の構成により、副ビームを出射する位相板は第2のコヒーレント光源に一体に設けられているのでシンプルでコンパクトな超解像光信号を安定して実現することができる。

【0032】請求項5の構成により、偏光面が互いに直交する一対の直線偏光レーザは、互いにインコヒーレントであり、容易に偏光分離できるので、請求項1又は2の超解像光ヘッド装置をシンプルに実現できる。

【0033】請求項6の構成により、偏光性ホログラム素子又は偏光性回折素子は、主ビーム及び副ビームのうちの一方の偏光ビームの大半のエネルギー成分は±1次回折光となり、他方の偏光ビームは0次回折光として透過させるため、主ビーム及び副ビームを空間的に確実に分離して光強度を検出できるので、超解像光信号を確実に実現できる。

【0034】請求項7の構成により、多層膜誘電体フィルタが狭帯域バンドパスフィルタとして作用するため、波長が互いに異なる主ビーム及び副ビームを確実に波長分離して光強度を検出できるので、超解像光信号を確実に実現できる。

【0035】請求項8の構成により、単一のコヒーレント光源から出射されたコヒーレント光から偏光面が互いに直交する主ビーム及び副ビームを得られ、しかも主ビーム及び副ビームの主要部のサイズが等しく、主ビームは光軸中心が光強度のピークを有するビームとなり、副

ビームはビーム中心の少なくとも両側に光強度のピークが形成され、情報記憶面において主ビームと副ビームとは互いにインコヒーレントに重畳して集光され、主ビーム及び副ビームは情報記憶面において重畳してなる光ビームとして情報記憶面から反射された後、偏光分離されて主ビーム及び副ビームとして独立に光強度が検出され、該光強度が差動的に演算されることにより、等価的に主ビームの強度分布と副ビームの強度分布との差分として走査された出力信号が得られるので、超解像光信号をシンプル且つ確実に得ることができる。

【0036】請求項9の構成により、請求項6と同様に、超解像光信号を確実に実現することができる。

【0037】請求項10の構成により、偏光性位相板は、一方向の偏光面を有する主ビームをそのまま出射し、一方向と直交する他の方向の偏光面を有するビームに対しては、0及び π の位相差を与えて、ビーム中心の少なくとも両側にピークを有し且つビーム主要部のサイズが主ビームの主要部のサイズと等しい副ビームとして出射するため、主ビーム及び副ビームを情報記憶面において重畳して集光し、情報記憶面から反射した主ビーム及び副ビームを偏光分離して独立に光強度を検出するので、それぞれの光強度の出力信号を差動演算することにより、少なくとも1次元方向には超解像となる光信号を極めて安定して得ることができる。

【0038】請求項11の構成により、主ビームとビーム中心の4方向にわたってピークを有する副ビームとが重畳された光ビームを情報記憶面に集光し、情報記憶面から反射された光ビームを主ビームと副ビームとに偏光分離して独立に光強度を検出するので、回折限界よりも細い矩形ビームを用いた場合と等価な超解像光ヘッド装置を安定して実現することができる。

【0039】請求項12の構成により、請求項3の構成と同様にして、回折限界よりも細い円形ビームを用いた場合と等価な超解像光ヘッドを安定して実現することができる。

【0040】請求項13の構成により、主ビーム及び副ビームを単一のコヒーレント光源から出射され時間的に分離された一対のパルス列として得られ、しかも主ビーム及び副ビームの主要部のサイズが等しく、主ビームは光軸中心が光強度のピーク値を有するビームとなり、副ビームはビーム中心の少なくとも両側に光強度のピークが形成され、主ビームと副ビームとは、情報記憶面において時間的に分離され且つ等価的にインコヒーレントに重畳して集光され、情報記憶面においてフォーカシング及びトラッキング制御された光ビームとして情報記憶面から反射された後、時間的に分離されて主ビーム及び副ビームとして独立に光強度が検出され、該光強度に対応する光強度信号は選択的に遅延されて差動的に演算されることにより、等価的に主ビームの強度分布と副ビームの強度分布との差分として演算された出力信号が得られ

るので、超解像光信号をシンプル且つ確実に得ることができる。

【0041】請求項14の構成により、単一のコヒーレント光源から出射されたコヒーレント光から偏光面が互いに直交する主ビーム及び副ビームが得られ、主ビーム及び副ビームの各主要部のサイズがほぼ等しく、主ビームは光軸中心が光強度のピークを有するビームとなり、副ビームはビーム中心の少なくとも両側に光強度のピークを有するビームとなり、往路においては主ビームと副ビームとは互いにインコヒーレントに重畳して情報記憶面に集光される。主ビーム及び副ビームが情報記憶面において重畳してなる光ビームは、情報記憶面から反射された後、復路においてホログラム素子によって光軸外に回折された後、偏光分離手段によって偏光分離され、主ビーム及び副ビームとして別々に光強度が検出される。主ビーム及び副ビームの各光強度が差動的に演算されることにより、等価的に主ビームの強度分布と副ビームの強度分布との差分として走査された出力信号が得られるので、超解像信号をシンプル且つ確実に得ることができる。

【0042】

【実施例】

(第1実施例) 図1は、本発明の第1実施例に係る超解像光ヘッド装置の概略構成を示している。

【0043】同図に示すように、半導体レーザからなるコヒーレント光源100から出射された光ビームは、コリメートレンズ101、開口部102及び集光レンズ103を通過して偏光性位相板104を照射する。光ビームは偏光性位相板104により偏光面が互いに直交する主ビームと副ビームとに分離された後、コリメートレンズ105、開口部106を介してミラー107により反射され、その後、ビームスプリッタ108により方向を変えられて、対物レンズ109によりピット状に情報が記憶された光ディスク110の情報記憶面110aに集光される。該情報記憶面110aにより反射された主ビーム及び副ビームは、再び対物レンズ109により平行光とされた後、ビームスプリッタ108を直進する。その後、主ビーム130は後述する偏光性ホログラム素子111により回折された後、集光レンズ112により集光されて第1の光検出器113a及び第3の光検出器113cに至り、副ビーム131は同じく集光レンズ112により集光されて第2の光検出器113bに至る。尚、第1～第3の光検出器113a～113bによって集積型光検出器113が構成されており、該集積型光検出器113の詳細な構造については後述する。

【0044】第1及び第3の光検出器113a, 113cから出力された電気信号は合成された後、第1の増幅器115により増幅され、第2の光検出器113bから出力された電気信号は第2の増幅器116により増幅される。第1の増幅器115及び第2の増幅器116から

出力された出力信号は差動演算器117により演算される。

【0045】尚、図1において、118は電磁式駆動手段(ボイスコイル式アクチュエータ)、119はフォーカシング誤差信号及びトラッキング誤差信号を演算する演算手段、120は演算手段119からの出力信号により電磁式駆動手段118を駆動する駆動部である。

【0046】第1実施例の特徴は、主ビームと主要部のサイズが一致し、中央部を除く周辺部の光強度が主ビームと実質的に等しい副ビームを簡単且つ安定して形成できるビーム整形光学系部121の構成にある。

【0047】第1実施例の特有の効果は次の通りである。すなわち、主ビーム及び副ビームが単一のコヒーレント光源100から出射した光ビームによって形成されるため、主ビーム及び副ビームを別々の半導体レーザ、光学系を介して整形する場合に比べて、メインローブ周辺部における光強度が主ビームと副ビームとの間で等しく且つ光軸ズレもない安定した走査光学系が得られることである。

【0048】コヒーレント光源100を構成する半導体レーザは、通常の市販品として得られる直線偏光の横モードの単一ビームを出射する光源であって、第1実施例においては、紙面にほぼ 45° の方向に偏光面を設定している。このようにすることにより、紙面に平行な方向及び垂直な方向にそれぞれ $\sin 45^\circ$ を乗じた成分が存在する。一方、偏光性位相板104の結晶軸(図11(e)を参照)を、そのZ-Y面が紙面と一致するように設定することにより、主ビーム(常光)130及び副ビーム(異常光)131が形成される。第1実施例においては、偏光性位相板104として図9及び図10に基づき後述する位相領域を有するものを用いることができ、第1実施例は、一般的に極めて安定な2次元的な超解像光ヘッド装置を提供する。

【0049】尚、第1実施例において、開口部102の開口サイズをやや狭めて、偏光性位相板104上のビームサイズを対物レンズ109の回折限界のビームサイズの1.5倍よりも大きくしても、第1実施例の効果は特に変わるものではない。その理由は、本発明の原理から明らかなように、主ビーム及び副ビームのメインローブが中心部以外では互いに等しいプロファイルを持ち、差動検出によって相殺されるからである。

【0050】図2(a), (b)は、第1実施例において、主ビーム130及び副ビーム131の光強度分布が情報記憶面においてどのようなになっているかを模式的に説明するものである。図2(a)においては、本発明の超解像原理を分かり易く1次元モデルで説明するため、偏光性位相板104の上にX₀軸を取り、主ビーム130もX₀軸に入射して、副ビーム131と同一のビームウエスト(beam waist)径W₁を有するとしている。図1のコリメートレンズ105は図2(a)の第1の凸レン

ズ150に対応し、図1の対物レンズ109は図2(a)の第2の凸レンズ151に対応し、図1の開口部106は図2(a)の開口部152に対応する。ただし、波長 λ の光ビームの径 W_1 は、開口部152の直径 D に対して回折限界のビーム径 W_R (W_R は $\lambda/(N \cdot A) = \lambda/\sin \alpha_1$ とほぼ等しい)よりも約1.5倍だけ大きく設定している。

【0051】また、第1及び第2の凸レンズ150, 151は共にフーリエ変換レンズであり、 $f_1 \cdot \sin \alpha_1 = f_2 \cdot \sin \alpha_2 = D/2 \dots (1)$ なる関係式を満たしている。このとき結像面 X_0 軸上においては、主ビーム130の強度分布160の主要部のサイズと副ビーム131の強度分布161の主要部のサイズとは互いに等しく、 W_2 (W_2 は $(f_2/f_1) \cdot W_1$ とほぼ等しい)となる。

【0052】偏光性位相板104は、特定の偏光成分に対して光軸上に位相差 π を生じる段差 d_1 の位相境界を有し、波長 λ の光に対する屈折率が n の基板であり、 $(n-1) \cdot d = \lambda/2$ の関係有しているとした。従って、 X_0 軸上において、互いに逆位相の振幅分布を有する2つの波面162, 163が重畳した結果として上述の副ビーム131の強度分布161が得られる。副ビーム131の強度分布161と主ビーム130の強度分布160との差分 $I_d(x_0)$ としては、図2(b)に示すように、副ビーム131が光軸近傍で落込んだ部分

$$u_1(x_0) = C_1 \times \text{sinc} \{ (2\pi/(\lambda \cdot f_2)) \times (D/2) \times [x_0 + (\delta_1/2)] \} - C_1 \times \text{sinc} \{ (2\pi/(\lambda \cdot f_2)) \times (D/2) \times [x_0 - (\delta_1/2)] \} \dots (2)$$

となり、強度分布 $I(x_0)$ は、 $I(x_0) = |u_1(x_0)|^2 \dots (3)$ となる。

【0055】(2)式において、 $\text{sinc} X = (\sin X)/X \dots (4)$ であり、 $\delta_1 = \delta \times (f_2/f_1) = (f_2 \cdot \lambda)/D = (1/2) \cdot (\lambda/\sin \alpha_2) \dots (5)$ は、開口数 $\sin \alpha_2$ を有する光ヘッドの分解能に相当し、Rayleighのcriterion(通常、接近した2点を分解しうる最小間隔)に相当する。2次元への拡張については後述するが、その場合には sinc 関数の代りに第1種ベッセル関数 $J_1(r)$ を用いることにより点像の振幅及び強度分布が表わされる。光軸上に円形開口を通して結像される点像(Airy pattern)の振幅分布は、光軸中心からの距離 r を用いて、 $u(r) = (2\pi(D/2)^2 \cdot J_1(R))/R \dots (6)$ で示される。ただし、 $R = (\pi \cdot D \cdot r)/(\lambda \cdot f_2)$ で与えられる。

【0056】Airy disc と称されるメインローブの寸法は、 $A = 2 \times 1.22 \times (\lambda \cdot f_2)/D \dots (7)$ となり、矩形開口の場合のメインローブの寸法 $B = 2 \times (\lambda \cdot f_2)/D \dots (8)$ に比べて1.22倍だけ大きくなるに過ぎない。

【0057】このように副ビーム131が情報記憶面において集光されて形成する双峰状ビームの中心部の窪み

だけが残る、半値全幅(full width half maximum) g_0 は、回折限界の半値全幅 g_R に対して約70%のサイズとなる。

【0053】前記の超解像原理は、実際には図1に示した主ビーム130及び副ビーム131の光強度を検出する第1～第3の光検出器113a, 113b, 113cよりなる集積型検出器113及び信号演算処理部114によって実現されることは既に述べた通りである。

【0054】図3は、図2と同様な光学系であるが、解析的に取り扱えることができる分り易い変形例を模式的に示している。図2に示す光学系と異なる点は、副ビーム131が距離 $\delta = (\lambda \cdot f_1)/D$ だけ離れた2つの点170, 171によって与えられており、 X_0 軸における2つの点170, 171に対応する回折像は、矩形状の開口部152を介して回折限界の振幅分布173, 174を形成し、互いに位相が π だけ異なる。また振幅分布173, 174の中心は $\delta_1 = \delta \times (f_2/f_1)$ だけ離れており、それぞれの振幅のピーク位置において相手の振幅が0になるように δ 及び δ_1 を設定しているので、図3に図示したような強度分布175が得られる。これを解析的に示すと、 X_0 軸上において副ビーム131として得られる双峰状ビームの複素振幅分布 $u_1(X_0)$ は、

【数1】

は、コンピュータシミュレーションによると第2の凸レンズ151(図1における対物レンズ109)の回折限界のビーム径の約70%となる。主ビーム130の主要部の寸法を副ビーム131の主要部の寸法と一致させ、主ビーム130及び副ビーム131を別々に検出し、差動演算器117により演算することにより、該差動演算器117からの出力信号は、等価的には回折限界の約70%のビームサイズによって走査される信号に相当する。尚、主ビーム130及び副ビーム131のサイズ調整は図1における開口部102により可能である。

【0058】偏光性位相板104(又は通常の位相板)の位相領域構成は、図9(a)に示すように、基準の厚さを有する第1の領域10と該第1の領域10よりも d_1 だけ厚さが異なる第2の領域11とから成る。このようにすると、集光面において図9(a)の X_0 方向に双峰状の光強度分布が得られることは既に説明した。従って、 X_0 方向に1次元の超解像効果を実現される訳である。図5に基づき後述する独立した光学系によって主ビームと副ビームとを形成する場合には、無偏光性位相板でも効果は変わらない。

【0059】図9(b)は偏光性位相板104(又は通常の位相板)の他の構成例を示している。この例におい

ては、偏光性位相板104を4つの領域12, 13, 14, 15により構成し、図9(c)に模式的に示すように、副ビーム131の中央部に光強度の弱い2次元の窪み16を実現している。

【0060】図10(a)は、偏光性位相板104(又は通常の位相板)の位相領域の他の構成例を示しており、光軸の廻りに、0, $\pi/2$, π , ($3/2$) π の順に4つの領域20, 21, 22, 23を形成し、1つおきに隣り合う領域間の位相差を π としている。このようにすると、図10(b)に模式的に示す像面の中央部24は図9(b)の場合に比べてより窪みが深い強度分布となる。

【0061】図10(c)も、偏光性位相板104(又は通常の位相板)の位相領域の他の構成例を示しており、前記の考え方を一層拡張し、円周方向に8等分した8つの領域30, 31, 32, 33, 34, 35, 36, 37に、0から順に $2\pi/8$ づつのステップで位相差を設け、互に向かい合う(つまり180°の角をなす対極の)2つの領域間での位相差を π としている。このように円周をN分割して、それぞれ $2\pi/N$ づつ位相差を生じるように偏光性位相板104の位相領域を構成することによって限りなく理想に近い光軸対称型の副ビーム131を形成することが可能になる。実用的には、N=8とし、図10(d)に示す情報記憶面(X₀, Y₀)における副ビーム131の中心部38はほぼ光軸対称の分布を実現している。

【0062】図11(a)~(d)は偏光性位相板104の製作プロセスの一例を示している。

$$(2\pi/\lambda) \times \{\Delta n_o \times d_3 + (1 - n_o) \times d_2\} = -\pi \dots (9)$$

$$(2\pi/\lambda) \times \{\Delta n_e \times d_3 + (1 - n_e) \times d_2\} = 0 \dots (10)$$

を満足することにより実現される。ここに、 λ は入射光の波長、 n_o , n_e はそれぞれ基板(非プロトン交換領域)180に対する常光、異常光の屈折率、 Δn_o は常光に対するプロトン交換による屈折率の減少分、 Δn_e は異常光に対するプロトン交換による屈折率の増加分である。

【0069】[表1]はニオブ酸リチウムよりなる基板180の屈折率と、プロトン交換による屈折率変化のデータ例を示している。

【0070】

【表1】

	基板	屈折率変化
常光 (y)	n_o 2.260	Δn_o -0.04
異常光 (x)	n_e 2.177	Δn_e 0.145

【0071】図11においては、(0, π)が単に1次

【0063】まず、図11(a)に示すように、厚さ500 μ mのニオブ酸リチウム(LiNbO₃)の結晶からなり屈折率が一軸異方性の基板180(X板)の表面に、スパッタ法によりTa膜181を230オングストロームの膜厚に形成する。

【0064】次に、図11(b)に示すように、フォトリソグラフィ及びドライエッチングによりTa膜181に対してパターンニングして、半平面状のプロトン交換マスク182を形成する。

【0065】次に、図11(c)に示すように、プロトン交換マスク182をマスクとして温度260℃のピロリン酸(H₄P₂O₇)による熱処理を行ない、深さ2.38 μ mのプロトン交換領域183を形成する。

【0066】次に、沸酸(HF)によるエッチングによって、図11(d)に示すように、プロトン交換領域183に位相補償溝(深さ d_2)を形成すると、図11(e)に示すような偏光性位相板104が得られる。Ta膜181は沸酸により速やかに除去され、その後、プロトン交換領域183が選択的にエッチングされる。

【0067】このようにすると、偏光性位相板104は、Y方向の偏光面を有する偏光成分(常光と称する)に対して位相差を有する位相板となり、Z方向の偏光面を有する偏光成分(異常光と称する)に対して一様な透明基板となる。尚、前記位相補償溝の形成方法については後に詳述する。

【0068】常光に対して位相差 π を与え、異常光に対して一様な透明基板となる条件は、一般にプロトン交換領域183の厚さ d_3 及び位相補償溝の深さ d_2 が

元的な2領域として形成された偏光性位相板104を示したが、同様の工程を用いて図9、図10に示す領域を有する偏光性位相板104を製作し、2次元的な超解像走査光学系を実現することも可能である。この場合には、 π と異なる他の位相差 ϕ を常光に与える領域においては(9)式の右辺は $-\phi$ と置く。

【0072】図7(a)は、図11で説明したニオブ酸リチウム基板を用いた偏光性位相板104と同様のプロセスによって作成される偏光性ホログラム素子111の概略構成を示し、図7(b)は図7(a)におけるb-b線の断面構造を示している。図7(a)は、フォーカス検出用の軸外しフレネルゾーンプレート(off-axis Fresnel zone plate)のパターンとしてのプロトン交換領域111a及び非プロトン交換領域111b、並びにトラッキング誤差信号検出用のプッシュプル信号を検出するための回折格子パターン111c, 111dを示している。

【0073】偏光性ホログラム素子111は、プロトン交換領域111a及び非プロトン交換領域111bからなり、位相補償溝の深さ d_2 及びプロトン交換層の厚さ

d_3 は、前記の(9)、(10)式を満たしている。

【0074】図8は、上述した集積型光検出器113の構成を示している。図7に示す偏光性ホログラム素子111のフレネルゾーンプレート領域により回折された+1次及び-1次の回折光(常光)のビーム32a及び32bは、一对の3分割型光検出器113a₁、113a₂、113a₃(図1における第1の光検出器113aに対応する)及び113c₁、113c₂、113c₃

(図1における第3の光検出器113cに対応する)にそれぞれ入射し、スポットサイズディテクション(SSD法)のフォーカス誤差信号を与える。また、偏光性ホログラム素子111を透過した0次回折光(異常光)33は第2の光検出器113bに入射する。トラッキング誤差信号は光検出器113c₄及び113c₅にそれぞれ入射するビーム32c及び32dの光強度の差動検出によって実現される。

【0075】前記のようなホログラム素子(holographic optical element)を用いてサーボ信号検出を行なう技術については、特開昭50-78341号、特開昭62-251025号、特開昭62-251026号、特開昭63-229640及びUSP4,929,823に開示されている。また、偏光性ホログラム素子を用いた光ヘッドについてはUSP5,062,098に開示されている。

【0076】本第1実施例によって光ディスク111の情報記憶面110a(図1を参照)に記憶されている情報の超解像読み取りが可能であることは、既に図1~図3に基づいて行なった説明により明らかである。要約すれば、主ビームが検出される各信号($S_{a1} \sim S_{a3}$ 及び $S_{c1} \sim S_{c3}$)の総和と、副ビームが検出される信号 S_b を差動的に演算処理することによってRF信号として対物レンズ109の回折限界の約70%のビームサイズで走査したのと等価な超解像の読み取りが実現できる。

【0077】以下、第1実施例の第1変形例について説明する。

【0078】第1実施例においては、主ビーム(常光)を用いてフォーカス誤差信号及びトラッキング誤差信号を得たが、逆に副ビーム(異常光)がホログラム素子により回折されてサーボ信号を与えるようにすることも可能である。この場合には、図7に示したホログラムパターンの向きを変えることなくホログラム素子の基板の結晶軸の方向のみを90°回転させた状態でホログラム素子を形成するだけでよい。このようにすると、副ビームは光軸近傍の光強度が0に近く、レンズ外周近傍の光強度が大きいため、プッシュプル信号に対応する変調度の大きいトラッキング誤差信号が得られる。

【0079】以下、第1実施例の第2変形例について説明する。

【0080】第1実施例の第2変形例としては、トラッキング信号を得る第3の構成が可能である。すなわち、

図7に示した回折格子パターン111c、111dを設けずに、すべてのホログラム素子面をフレネルゾーンプレート111a、111bにより構成する。この場合には、図8に示した副ビーム検出用の第2の光検出器113bを図8のY方向に中央部で2分割された2つの光検出器(図8においては図示されていない)により構成し、該2つの光検出器からの差動出力を用いてトラッキング信号を得ることも可能である。

【0081】このようにすると、主ビームによるフォーカシング誤差信号の影響を受けることなく、トラッキング誤差信号が得られ、安定したトラッキングサーボが可能になる。トラッキング誤差信号の安定検出はトラック間距離がより狭くなるに従い困難となるが、第2変形例においては、副ビームによるトラッキング制御に双峰状又は4峰状等のビームパターンの特質を利用することによって、狭トラック化された光ディスクの安定した読み出しが可能となる。

【0082】(第2実施例)図4は、本発明の第2実施例に係る超解像光ヘッド装置の概略構成を示している。

【0083】同図に示すように、半導体レーザからなるコヒーレント光源200から出射された光ビームは、コリメートレンズ201、ホログラム素子202に至り、該ホログラム素子202により偏光面が互いに直交する主ビームと副ビームとに分離された後、ビームスプリッタ204により方向を変えられ、その後、対物レンズ205によりビット状の情報が記憶された光ディスク213の情報記憶面213aに集光される。該情報記憶面213aにより反射された主ビーム及び副ビームは、再び対物レンズ205により平行光とされた後、ビームスプリッタ204を通過する。その後、主ビームは偏光性ホログラム素子206により回折された後、集光レンズ207により集光されて第1の光検出器208a及び第3の光検出器208cに至り、副ビームは同じく集光レンズ207により集光されて第2の光検出器208bに至る。

【0084】第1及び第3の光検出器208a、208cから出力された電気信号は合成された後、第1の増幅器209により増幅され、第2の光検出器208bから出力された電気信号は第2の増幅器210により増幅される。第1の増幅器209及び第2の増幅器210から出力された出力信号は差動演算器211により演算される。

【0085】尚、図4において、212は電磁式駆動手段(ボイスコイル式アクチュエータ)、214は演算処理部215及び電磁式駆動手段212を駆動する駆動部を有する制御部、216は主ビームと副ビームとを簡単且つ安定して形成するビーム整形光学系部である。

【0086】ホログラム素子202は、図9及び図10に基づき説明した偏光性位相板104(又は通常の位相板)のいずれか1つを所定サイズのコヒーレント光によ

り照明し、透過光をコリメートした後、前記コヒーレント光と、該コヒーレント光と可干渉である他の参照光とを重畳して得られるホログラム素子である。ホログラム素子202の製作過程においては、前記の無偏光性位相板104を用いても効果は変わらない。

【0087】以下、前記のホログラム素子202について図3を参照しながら説明する。

【0088】偏光性位相板104及び2つの点170、171（実際には微小開口を有するスリット）を波長 λ の平行コヒーレント光により照射し、フーリエ変換レンズ（凸レンズ）150の焦点面（ z 軸）に参照光176を導入して感光材料に干渉縞を記録する。このような任意の物体からの回折波面を独立の参照光と重畳して作るホログラム技術については衆知であり、これ以上の詳しい説明は不要であろう。ここでは、波長 λ 、参照光の入射角 θ 及びレンズ焦点距離 f_1 を用いてホログラムを記録したが、他の波長 λ_0 及びレンズ焦点距離 f_0 を用いてもよい。このときの参照光の入射角 θ_0 は、 $\sin \theta_0 / \sin \theta = \lambda_0 / \lambda$ となるように設定し、図4に示すコリメートレンズ201の焦点距離を $f_1 = f_0 \cdot \lambda_0 / \lambda$ とすればよい。この他にも、等価的に同一の効果を得られるようなホログラム記録・再生光学系のパラメータ設定が可能である。

【0089】このように、偏光性位相板104と等価なホログラム素子202によりビームスプリッタを兼ねた構成にすることにより、図4に示す主ビーム及び副ビームは同軸上に形成されるが、別法として偏光性位相板104のホログラムをコンピュータ合成にもとづく手法により設計・製作することも勿論可能である。この場合の特別の利点は、図10に基づき説明した N 分割の偏光性位相板104をコンピュータ上では $N \rightarrow \infty$ として理想化したモデルから計算可能なことである。計算結果に基づき、リソグラフィに用い得るマスクパターンとして生成したり、電子ビーム描画又はレーザービーム描画等の手段によって複製が可能なレリーフ型ホログラムを得ることができる。

【0090】第2実施例における偏光性ホログラム素子206は、第1実施例の偏光性ホログラム111と同様に構成されている。

【0091】同種の偏光性ホログラム素子については、例えばUSP 5,062,098等において応用例が開示されていると共に、他の基板材料例えば液晶デバイスが有する偏光異方性も利用可能である。

【0092】ところが、前記第1及び第2実施例に係る偏光性ホログラム素子111、206を製作するのに用いた方法は、以下に説明するように製作精度及びコストの点で一段と優れている。すなわち、ニオブ酸リチウムをプロトン交換した素子は前記の〔表1〕に示すようにプロトン交換した領域で異常光の大きな屈折率変化（ Δn_e ）が生じるため、異常光に対しては回折効果が大き

い位相型回折格子として作用する。

【0093】しかしながら、プロトン交換した領域においては常光に対しても若干の屈折率差（ Δn_o ）が生じる。このようにニオブ酸リチウムをプロトン交換したままの回折格子は異常光の屈折率と常光の屈折率変化とが同時に生じ、前記の偏光分離機能を完全には実現できないので、何らかの位相補償を加える必要がある。従来の方法（A. Ohba et al., Jap. J. Appl. Phys., 28 (1989) 359）においては、プロトン交換領域に誘電体膜を形成して常光の位相差を補償していた。このため回折格子の製作に、誘電体の堆積工程及びパターンニング工程を要するほか、位置合わせ精度の問題も残されていた。

【0094】図7（e）において模式的に示す偏光性ホログラム素子（偏光分離素子）111は、基板（X板）の表面にプロトン交換領域111aが格子状に形成され、偏光異方性のホログラム素子に形成されているが、位相補償の方法としては、従来とは逆にプロトン交換領域111aのみをエッチング（以後、これを位相補償溝と称する）し、エッチング後のプロトン交換領域111aを通過する異常光に対してプロトン非交換領域111bとの位相差を相殺している。すなわち、位相補償溝は屈折率1（＝空気の屈折率）であり基板に比べて小さくなる（常光： $1 - n_o$ 、異常光： $1 - n_e$ ）。従って異常光のプロトン交換による増加分（ Δn_e ）を相殺し、位相差を無くすときには、常光に対してはプロトン交換による屈折率減少分（ Δn_o ）に位相補償溝による減少分が加えられ位相差が逆に増大する。常光を最大効率で回折し、異常光を回折しない条件は、上述の（9）、（10）式で与えられている。

【0095】以下、偏光性ホログラム素子111の製作方法について再び説明する。

【0096】偏光性ホログラム素子111は、図11に示した偏光性位相板104と同様、フォトリソグラフィ及びプロトン交換というプロセスを用いて容易に製作可能である。すなわち、一軸異方性材料であるニオブ酸リチウム（ LiNbO_3 ）の結晶よりなる基板上にTa膜を形成した後、フォトリソグラフィ及びドライエッチングによりTa膜に対してパターンニングして、格子状のプロトン交換マスクを形成する。次に、プロトン交換マスクをマスクとして温度260℃のピロリン酸により熱処理を行ない、図11（c）において示したように、深さ2.38 μm のプロトン交換領域を形成する。ここで沸酸エッチングは、プロトン交換領域に対してはエッチングする一方、基板に対してはエッチングしない選択性を有しており、この選択性を利用することによって、位置合わせをすることなくプロトン交換領域111a（図7を参照）よりなる位相補償溝を形成することが可能となる。位相補償溝の深さが増加するに伴い、常光においては位相差が増大し、常光の1次回折光の効率 η_{01} は増加し、透過率 η_{00} （0次回折光の効率）は減少する。一

方、異常光においては位相補償溝によりプロトン交換領域111aの屈折率増加が相殺され、1次回折光の回折効率 η_1 が減少し、透過率が増加している。異常光の透過率 η_0 はエッチング深さ0.13 μ mのときに最小となる。このとき、消光比は、透過光(異常光)が24dB、回折光(常光)が17dBであり、良好な特性が得られている。

【0097】このようにして偏光ホログラム素子206によって主ビーム及び副ビームは、良好な消光比をもって図4に示す第1の光検出器208a及び第3の光検出器208cと、第2の光検出器208bとによりそれぞれ検出される。第1実施例と同様、第1の光検出器208aと第3の光検出器208cとは電気的に接続され、電気信号が加算される。第1～第3の光検出器208a～208cからの出力信号は、演算処理部及びアクチュエータ駆動部を備えた制御部214に伝えられ、電磁式駆動手段212が制御される。

【0098】(第3実施例)図5は、本発明の第3実施例に係る超解像光ヘッド装置の概略構成を示している。

【0099】第3実施例は、第1及び第2実施例と異なり、光源として波長が互いにわずかに異なるコヒーレント光を出射する第1のコヒーレント光源301及び第2のコヒーレント光源302を用いている。これに伴い、主ビームと副ビームとの分離手段としては波長分離光学系である多層膜干渉フィルタ309を用いている。

【0100】図5に示すように、第1のコヒーレント光源300から出射された波長 λ_1 の第1のコヒーレント光よりなる主ビームは、開口部(図示されていない)を有する第1のコリメートレンズ302及び第1のビームスプリッタ303を介して対物レンズ305に入射し、光ディスク306の情報記憶面306aに集光される。一方、位相板が一体に集積化された第2のコヒーレント光源301からは、第1のコヒーレント光の波長 λ_1 とは $\Delta\lambda$ だけ異なる波長 $\lambda_2 = \lambda_1 + \Delta\lambda$ の第2のコヒーレント光よりなる副ビームが出射される。副ビームは、第2のコリメートレンズ304により平行光とされた後、第2のビームスプリッタ307により反射され、その後、第1のビームスプリッタ303を透過して対物レンズ305により光ディスク306の情報記憶面306aに集光される。主ビームと副ビームとは、光ディスク306の情報記憶面306aにおいて重畳された後、情報記憶面306aにより反射され、その後、フォーカシング誤差信号及びトラッキング誤差信号を検出するためのホログラム素子308によりで回折された後、波長分離のための多層膜干渉フィルタ309に入射する。その後、多層膜干渉フィルタ309のバンドパス特性に従って、主ビームは多層膜干渉フィルタ309により反射されて集光レンズ310を介して第1の光検出器311に入射し、副ビームは多層膜干渉フィルタ309及び集光レンズ312を透過して第2の光検出器313

に入射する。第1の光検出器311から出力された電気信号は第1の増幅器314により増幅され、第2の光検出器313から出力された電気信号は第2の増幅器315により増幅される。第1の増幅器314からの出力信号及び第2の増幅器315からの出力信号は差動演算器316により演算されて、該差動演算器316から超解像走査信号として出力される。また、電磁式駆動手段316への制御信号を出力する機構については図示していないが第1及び第2の実施例と同様である。

【0101】第2のコヒーレント光源301としては、図12に示すように、半導体レーザ320のビーム射出端面である活性層出力端320aに近接して位相板321(4つの位相領域321a～321dを有する)を一体集積化したもの、又は、図13に示すように、半導体レーザ320に位相板322を密着して一体化したものをを用いることができる。

【0102】第3実施例の変形例として、波長分離ではなく偏光分離の原理によって光学系を構成してもよい。すなわち、第1のコヒーレント光源300と第2のコヒーレント光源301として、互いに直交する偏光面を有するものを用い、多層膜干渉フィルタ309の代りに偏光ビームスプリッタを用い、ホログラム素子308として第1実施例又は第2実施例と同様の偏光性ホログラム素子111、206を用いることができる。

【0103】(第4実施例)図6は、本発明の第4実施例に係る超解像光ヘッド装置の概略構成を示している。

【0104】第4実施例は、主ビーム及び副ビームの信号検出方法として時間分離方式を用いている。

【0105】図6に示すように、コヒーレント光源400から出射されパルス変調される直線偏光のパルス状ビームは、集光レンズ401によりビーム整形された後、位相変調器402に入射し、その後、コリメートレンズ403、開口部404、偏光性ビームスプリッタ405及び4分の1波長板406を通過した後、対物レンズ407により光ディスク408の情報記憶面408aに集光される。情報記憶面108aにより反射されたパルス状ビームは、再び、4分の1波長板406、偏光性ビームスプリッタ405、ホログラム素子409及び集光レンズ410を通過して光検出器411に入射する。第1の制御部412は、コヒーレント光源400及び位相変調器402を同期して駆動すると共に、主ビームと副ビームとが交互に光ディスク408の情報記憶面408aに到達して反射されるように制御する。

【0106】光検出器411に入射するパルス状ビームの主ビームは第1の増幅器413を介して差動演算器414に入力され、パルス状ビームの副ビームは第2の増幅器415及び遅延素子416を介して差動演算器414に入力される。そして、差動演算器415からは超解像信号が出力端子417を介して出力される。遅延素子416は主ビームと副ビームとのパルス間隔 t を調整す

るものである。

【0107】ホログラム素子409により回折されるフォーカシング誤差信号及びトラッキング誤差信号は、第1実施例と同様に、光検出器411により受光された後、サーボ信号として第2の制御部418に送られる。第2の制御部418は前記サーボ信号に基づき、電磁式駆動手段419を駆動する。

【0108】位相変調器402は、図14に示すように、ニオブ酸リチウム結晶又はPLZTよりなる強誘電体結晶420がZ軸方向の上下方向から上部電極421A及び下部電極421Bにより挟み込まれ、上部電極421A及び下部電極421Bが第1の制御部412に組み込まれた電圧印加電源に接続されたものである。但し、電圧は、図14に示すように、位相変調器402に入射する直線偏光のビーム430の2分の1部分に対して $\Delta n_e \times 1$ の光路差を有するようなビーム431が生じるように印加する。

【0109】

$$\Delta n_e = (1/2) \times N^3 \times E \gamma_{33} \dots (11)$$

$$\Delta n_e \times 1 = \lambda^2 / 2 \dots (12)$$

電気光学定数 γ_{33} はほぼ $30 \times 10^{-12} \text{ m/v}$ であり、 λ_e はほぼ $0.4 \times 10^{-6} \text{ m}$ であり、 $L = 10^{-2} \text{ m}$ 、 N をほぼ2(屈折率)とすると、必要な電界 E はほぼ $2 \times 10^5 \text{ v/m} = 200 \text{ v/mm}$ となる。

【0110】図15(a)は、タンタル酸リチウムよりなる強誘電体結晶422(図14に示す強誘電体結晶420の上半分に相当する)に、上部電極421A及び下部電極421Bを介して約20kVの高電界を印加して形成した分極反転構造を有する位相変調器402の概略構成を示している。電圧の印加により、位相変調器402に入射する直線偏光のビーム432に対して $\pm \Delta n \times 1$ の位相差がビーム433に生じており、図14に示す位相変調器402に比べて1/2の電圧印加により図14に示す位相変調器402と同等の光路差を生じさせることができる。このとき、図9(b)や図10(a)のような2次元位相領域形成を実現するには、図14又は図15(a)に示すような位相変調器402を直交(X-Z面内で90°回転)して重ね合わせるか、又は図15(b)に示すような透明電極423A~423Dを光ビームの入射面及び出射面に形成して電圧を印加すればよい。尚、図15(a)、(b)において、424は位相変調器402に電圧を印加する電源部である。

【0111】(第5実施例)図16は、本発明の第5実施例に係る超解像光ヘッド装置の概略構成を示している。

【0112】第5実施例は、往復光路型のシンプルな光学系を構成するため、集光手段として、一体化された対物レンズとホログラム素子とを用い、コンパクトな超解像光ヘッドを実現している。

【0113】図16(a)に示すように、コヒーレント

光源500から発せられたコヒーレント光は、往路において、コヒーレント光源500に近接して設けられた屈折率一軸異方性を有する基板501に形成された4分割の偏光性位相板502(0, $\pi/2$, π , $3\pi/2$)を通過することにより、偏光面が互いに直交する主ビーム(→)及び副ビーム(⊙)を生成する。主ビーム及び副ビームは、対物レンズ503と一体に設けられたホログラム素子504を通過し、該ホログラム素子504の0次透過光は、対物レンズ503によって光ディスク505の情報記憶面505aに重畳して集光される。情報記憶面505aからの反射ビームは、復路において、対物レンズ503及びホログラム素子504を通過する。ホログラム素子504により回折された1次回折光は、対物レンズ503の光軸外に進行して、基板501における偏光性位相板502と隣接する領域に形成された図17(b)に示す偏光性回折格子506に入射する。偏光性回折格子506に入射した光は、該偏光性回折格子506によって主ビームと副ビームとに偏光分離された後、図17(a)に示す光検出器508により検出される。尚、図17(c)は、主ビーム及び副ビームの各光強度分布を示している。

【0114】以下、ホログラム素子504の作用及び光検出器508による超解像走査信号の検出方法について詳しく説明する。

【0115】まず、ホログラム素子504は、復路の光ビームを対物レンズ503の光軸外に回折させて往路の光ビームと分離するビームスプリット機能、分離した光ビームからフォーカシング信号及びトラッキングサーボ信号を得るための光ビーム形成機能、並びにRF信号を検出する機能を複合的に有している。信号は各種の方式に形成できるが、第5実施例においては、図17(a)に示すように、フォーカシング誤差信号をスポットサイズディテクション(SSD)方式により、トラッキング誤差信号をプッシュプル(PP)方式で得るようにしている。SSD方式は、特願昭62-251025号等に開示されているが、第5実施例のホログラム素子504は、対物レンズ503と一体化するのに適するように、ブレース化ホログラムとして下記の文献に詳述されているような領域分離型のフレネルゾーンプレート2枚を重ねたものにより構成している。

【0116】Makoto Kato et al., "Recent advances in optical pickup head with holographic optical elements", Proc. SPIE, vol. 1507, p. 36-44., European Congress on Optics, Holographic Optics III: Principles and Applications, 12-15 March 1991, The Hague, The Netherlands.

尚、第5実施例においては、ホログラム素子504がコヒーレント光源500側に位置し、対物レンズ503が光ディスク505側に位置するが、これらの配置は逆であつてもよい。

【0117】図17(a)に示されるように、コヒーレント光源500と一体に集積化された光検出器508の基板509上に、SSD方式のフォーカシング誤差信号検出用の素子端子510a, 510bが設けられている。フォーカシング誤差信号は、素子端子510a, 510bにより主ビームによって形成された一対の光ビーム511a, 511bとして分離して検出される。また、トラッキング誤差信号は、光検出器508の基板509上に形成された素子端子510c, 510dにより、一対の光ビーム511c, 511dとして検出される。

【0118】副ビームは、偏光性回折格子506により±1次回折光として分離され、主ビームの両側において、素子端子512a, 512b, 512c, 512d, 512e, 512fによりそれぞれ検出される。超解像走査信号は、RF信号として、素子端子510a, 510b, 510c, 510dの合計出力信号から素子端子512a, 512b, 512c, 512d, 512e, 512fの合計出力信号を減算して得られる。但し、適当な増幅回路をそれぞれ経て演算の最適化を図ることは設計上の問題に属するのでこれ以上の説明は省略する。

【0119】第5実施例においては、偏光性位相板502は4分割されていたが、他の数の領域に分割されていてもよいのは当然である。また、偏光性位相板502の製造プロセスについては、偏光性回折格子と共に既に詳しく説明したので、ここでは省略する。

【0120】第5実施例に係る超解像光ヘッド装置においては、次のような効果が得られる。すなわち、往復光路型の光学系を構成したため、コンパクトでシンプルな超解像走査光学系の光ヘッド装置が実現できる。偏光性位相板502と偏光性回折格子506とを同一の基板501上に近接して形成したので、非常に安定性が良い。コヒーレント光源500と光検出器508とを同一の基板509上に一体に集積したので、組立及び調整が容易であると共に、経年変化、温度変化及び機械的変形に対して極めて安定性が良い。尚、コヒーレント光源500

$$1: 5 \mu\text{m} \times (430/780) \times (0.45/0.60) = 1.5 \mu\text{m} \times 0.31 \text{ (略} 0.47 \mu\text{mに等しい)} \dots (13)$$

従って、本発明の超解像光学系を光ヘッド装置に用いると、短波長光源を用いて高密度光ディスクをシンプル且つ安価なプレーヤにより読み取れることになり、従来のサーボ信号検出技術及び制御技術を用いても容易に安定した光ディスク装置が実現できるという多大な効果を発揮するものである。

【0126】換言すれば、本発明によると、主ビームの光強度と副ビームの光強度との差動的演算処理が行われる結果、対物レンズの回折限界解像度を基準にした焦点深度は2倍以上も深くなるという極めて顕著な効果を有するものである。

と光検出器508とを同一の基板509上に設ける技術は、例えばシリコン基板上に一体形成したエッチドミラーによって基板509面に垂直に光ビームを射出する構造、及び光検出器508を前記のシリコン基板上に集積化する構造として衆知である。

【0121】また、第5実施例において、トラッキング誤差信号を素子端子510cの出力信号と素子端子510dの出力信号との差動信号として検出する際、素子端子512aからの出力信号と素子端子512bからの出力信号との和を素子端子510cからの出力信号から適当な割合で減算すると共に、素子端子512cからの出力信号と素子端子512dからの出力信号との和を素子端子510dからの出力信号から適当な割合で減算することにより、通常的手段では困難であった高密度記録時のトラッキング誤差信号を明瞭に検出することが可能となる。

【0122】前述のようにして得られたサーボ信号を、一体化された対物レンズ503及びホログラム素子504を駆動するアクチュエータ515へフィードバックすることは衆知の技術であるので説明は省略する。

【0123】以上のように、本発明の各実施例を詳述したので、従来の光学系を用いた光ヘッド装置における回折限界のビームの約70%のビームサイズを等価的に実現した本発明の超解像光ヘッド装置の構成及び作用は明らかに了解されよう。

【0124】本発明の重要な効果は、対物レンズの開口数を高くせずに（例えば、コンパクトディスクのプレーヤに組込まれている光ヘッドではNA=0.45、波長λ=0.78μm）、また光源波長も変えることなく、約2倍の高密度化ディスクが読み取れることである。コンパクトディスクプレーヤにおける光ヘッドの焦点深度は約1.5μm程度とされ、フォーカシング制御は容易であるが、高い開口数（例えばNA=0.6）の対物レンズと、短波長光源（例えばλ=0.43μm）を使うときには、焦点深度は、波長に比例し、開口数の2乗に逆比例して短くなる。

【0125】

$$1: 5 \mu\text{m} \times (430/780) \times (0.45/0.60) = 1.5 \mu\text{m} \times 0.31 \text{ (略} 0.47 \mu\text{mに等しい)} \dots (13)$$

【0127】

【発明の効果】請求項1の発明に係る超解像光ヘッド装置によると、被走査面においては、互いにインコヒーレントな主ビーム及び副ビームが重畳されて走査され、主ビームはAiry disc 状パターン又はビーム中心に強度のピークを有するビームプロファイルを形成し、副ビームは主要部のサイズが主ビームと等しくビーム中心の少なくとも両側にピーク値を有する双峰状の強度分布を持っており、主ビーム及び副ビームは、情報記憶面から反射した後にそれぞれの偏光面又は波長が異なることを利用して分離され、独立して光検出器に導かれ光強度が差動

的に演算処理されるので、光学系の解像性能としては使用する対物レンズの回折限界を越えてさらに約70%のビーム幅を等価的に実現することができる。

【0128】また、情報記憶面においては、同軸ビームとして重畳された主ビームと副ビームとは、これら両ビームが互いに直交する偏光面又は互いに異なる波長を有しているという性質を利用して容易に空間的に分離して光検出することが可能であるため、シンプルで確実な超解像光信号を得ることが可能である。

【0129】なお、双峰状の強度分布を有する副ビームの生成は、透過光の波長に対して相対位相差が0から π に変移する段差を有した位相板によって簡単に実現することができ、前記位相板を主ビームとほぼ同一の強度分布を有するコヒーレント光で照射することによって双峰状ビームの周辺部は主ビーム周辺部と実質的に同一の強度分布を実現できる。このようなビーム波形整形は、主ビーム又は副ビームが通過する開口部の開口径を最適化することにより行なうことができる。

【0130】請求項2の発明に係る超解像光ヘッド装置によると、副ビームの生成が位相板のホログラム素子によって実現されるので、たとえ位相板の製作過程に複雑な処理を要することがあっても、位相板自体は1つだけあればよく、工業的にはホログラム素子を量産して使用できること、また位相板を実際に製作せず、単にコンピュータ上で設計するコンピュータ生成によるホログラム (computer generated hologram) の手法を用いることも可能であるので、設計及び製作の自由度が極めて高められる。

【0131】請求項3の発明に係る超解像光ヘッド装置によると、請求項1又は2の位相板を軸対称の偏光性位相板として実現したため、請求項1又は2の超解像光学系を軸対称の超解像ビーム光学系と等価な性能で、しかもシンプル且つ安定に実現できるという多大の効果を得ることができる。

【0132】請求項4の発明に係る超解像光ヘッド装置によると、位相板が第2のコヒーレント光源に一体に設けられているため、安定した副ビームをシンプルな構成で得られる。

【0133】請求項5の発明に係る超解像光ヘッド装置によると、請求項1又は2の発明における主ビーム及び副ビームの互いに直交した偏光面の生成が、一対の直線偏光レーザの発光面を単に所定の位置関係に設定するだけで実現できるため、シンプルな構成の光学系で目的を達する。

【0134】請求項6の発明に係る超解像走査光学装置によると、偏光分離を平板上の偏光性ホログラム素子又は回折格子によって実現できるため、偏光性ビームスプリッタを使用する場合に比べてコンパクトで且つ低コストの超解像走査光学系を実現することができる。

【0135】請求項7の発明に係る超解像光ヘッド装置

によると、波長分離を多層膜誘電体フィルタによって実現できるため、該フィルタの狭帯域バンドパス透過率特性及びその逆特性を有する反射率特性によって波長差の小さい2波長を効率良く分離、検出できる。

【0136】請求項8の発明に係る超解像光ヘッド装置によると、単一のコヒーレント光源から出射したビームを偏光性位相板に導き、その共役面に被走査面を設けるので、主ビーム及び副ビームは互いの光軸が全くずれることなく走査され、極めて安定で且つ良質の超解像走査光学系を極めてシンプルな構成により実現できる。

【0137】請求項9の発明に係る超解像光ヘッド装置によると、請求項6の発明と同様に、コンパクトで且つ低コストの超解像走査光学系を実現することができる。

【0138】請求項10の発明に係る超解像光ヘッド装置によると、主ビーム及び副ビームは、単一のコヒーレント光源より出射したコヒーレント光を偏光性位相板に導くことにより、偏光分離と同時に生成されるので、主ビーム及び副ビームの周辺部の強度分布は同一形状で揃っており、ビーム走査を行なっても光軸が互いにずれることがなく、極めて安定で高性能の超解像光ヘッド装置を実現できる。

【0139】請求項11の発明に係る超解像光ヘッド装置によると、請求項10の発明に係る超解像走査光学系が、矩形状の超解像ビームの光学系と等価な性能で、しかもシンプルに実現できるという効果を有する。

【0140】請求項12の発明に係る超解像光ヘッド装置によると、請求項3の発明と同様にして、請求項1又は2の超解像走査光学系を軸対称の超解像ビーム走査光学系と等価な性能で、しかもシンプル且つ安定に実現できるという多大の効果を得ることができる。

【0141】請求項13の発明に係る超解像光ヘッド装置によると、単一のコヒーレント光源、集積化された単一の光検出器並びに遅延素子を用いて時間分離された主ビームと副ビームの信号処理を行なうので、シンプルな光学系で超解像光ヘッド装置を実現できる。

【0142】請求項14の発明に係る超解像光ヘッド装置によると、単一のコヒーレント光源及び光検出器を同一の平面上に設けたので、組立て及び調整が容易であると共に経年変化、温度変化及び機械的変形に対して極めて安定性が良く、また、集光手段とホログラム素子とを一体化したので、コンパクトでシンプルな光学系により超解像光ヘッド装置を実現できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の第1実施例に係る超解像光ヘッド装置の概略構成図である。

【図2】本発明の各実施例に共通する副ビームの生成及び超解像光学系の構成原理を1次元モデルで示した概略図である。

【図3】本発明の各実施例に共通する超解像光学系の原理を簡単な1次元モデルで示した概略図である。

【図4】本発明の第2実施例に係る超解像光ヘッド装置の概略構成図である。

【図5】本発明の第3実施例に係る超解像光ヘッド装置の概略構成図である。

【図6】本発明の第4実施例に係る超解像光ヘッド装置の概略構成図である。

【図7】本発明の第1及び第2実施例における偏光性ホログラム素子の概略構成図である。

【図8】本発明の第1及び第2実施例に共通する集積化された光検出器の構成例を説明する図である。

【図9】本発明の各実施例に共通する副ビーム生成のための位相板の構成例を説明する図である。

【図10】本発明の各実施例に共通する副ビーム生成のための位相板の他の構成例を説明する図である。

【図11】本発明の第4実施例における偏光性回折格子の構成例を説明する概略図である。

【図12】本発明の第3実施例における副ビーム生成用光源と位相板の構成例を説明する図である。

【図13】本発明の第3実施例における副ビーム生成用光源と位相板の他の構成例を説明する図である。

【図14】本発明の第4実施例における位相変調器の構成例を説明する図である。

【図15】本発明の第4実施例における位相変調器の他の構成例を説明する図である。

【図16】本発明の第5実施例に係る超解像光ヘッド装置の概略構成図である。

【図17】(a)は第5実施例におけるコヒーレント光源と光検出器とが同一の基板上に形成された状態を示す平面図であり、(b)は第5実施例における偏光性位相板と偏光性回折格子とが同一の基板上に形成された状態を示す平面図であり、(c)は第5実施例における主ビーム及び副ビームの光強度分布を示す図である。

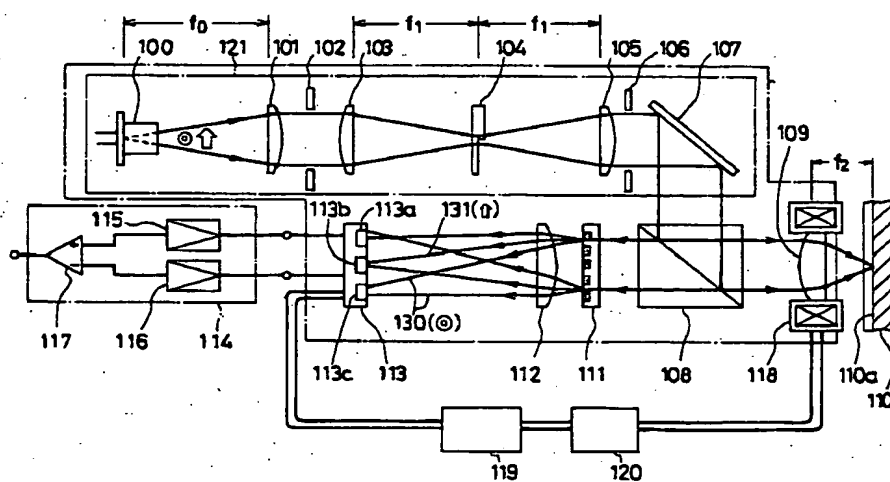
【図18】従来の輪帯状開口を用いた超解像光学系を説明する概略構成図である。

【符号の説明】

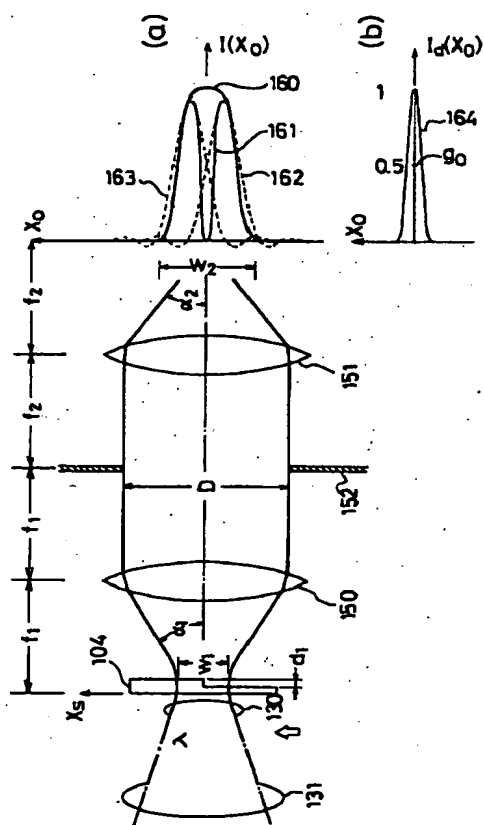
100 コヒーレント光源
104 偏光性位相板(位相板)
109 対物レンズ(集光手段)
110 光ディスク
110a 情報記憶面
111 偏光性ホログラム素子(光分離手段)(偏光分離手段)
113a 第1の光検出器(光検出手段)
113b 第2の光検出器(光検出手段)

113c 第3の光検出器(光検出手段)
117 差動演算器(演算手段)
118 電磁式駆動手段(駆動手段)
200 コヒーレント光源
202 ホログラム素子
205 対物レンズ(集光手段)
206 偏光性ホログラム素子(光分離手段)(偏光分離手段)
208a 第1の光検出器(光検出手段)
208b 第2の光検出器(光検出手段)
208c 第3の光検出器(光検出手段)
211 差動演算器(演算手段)
212 電磁式駆動手段(駆動手段)
213 光ディスク
213a 情報記憶面
300 第1のコヒーレント光源
301 第2のコヒーレント光源
305 対物レンズ(集光手段)
306 光ディスク
306a 情報記憶面
308 ホログラム素子
309 多層膜干渉フィルタ(光分離手段)(波長分離手段)
311 第1の光検出器(光検出手段)
313 第2の光検出器(光検出手段)
316 電磁式駆動手段(駆動手段)
400 コヒーレント光源
402 位相変調器(位相変調手段)
407 対物レンズ(集光手段)
408 光ディスク
408a 情報記憶面
411 光検出器(光検出手段)
414 差動演算器(演算手段)
416 遅延素子(遅延手段)
419 電磁式駆動手段(駆動手段)
500 コヒーレント光源
502 偏光性位相板
503 対物レンズ(集光手段)
504 ホログラム素子
505 光ディスク
505a 情報記憶面
506 偏光性回折格子(偏光分離手段)
508 光検出器
515 アクチュエーター(駆動手段)

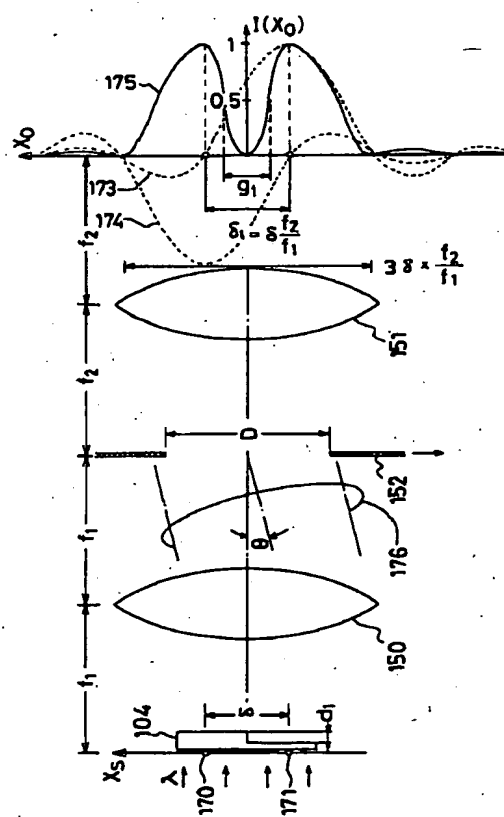
【図1】



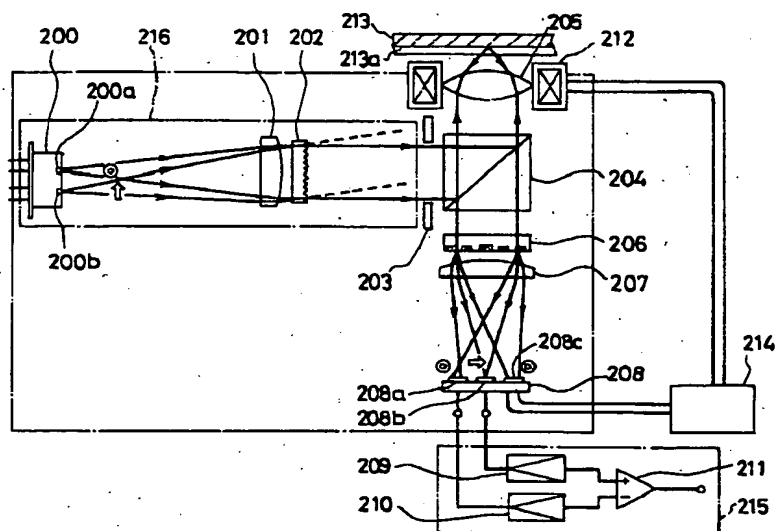
【図2】



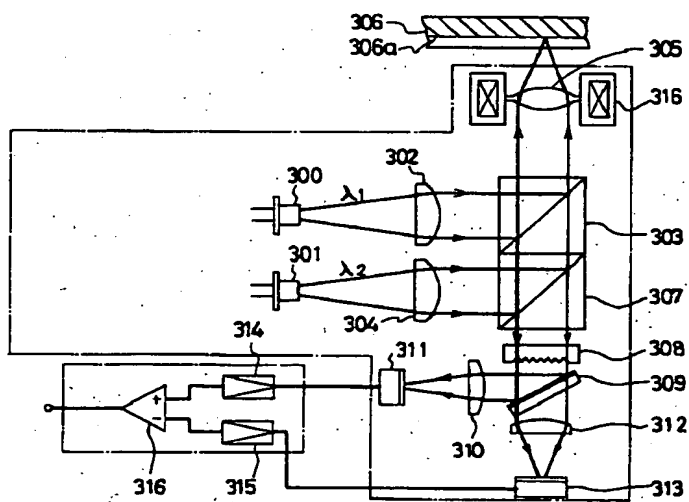
【図3】



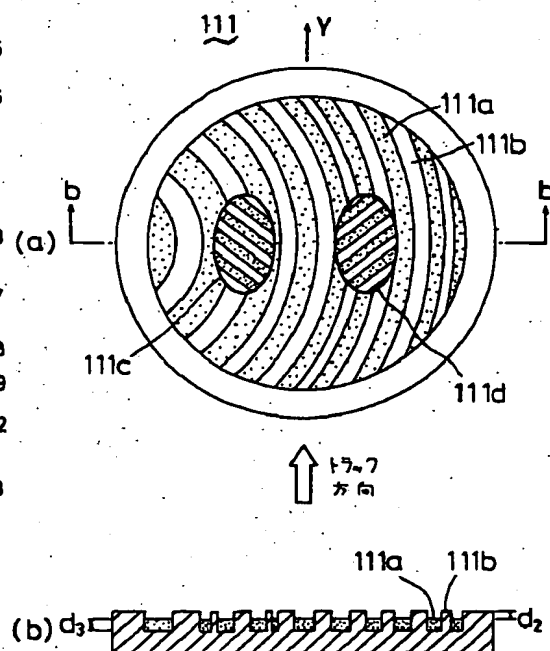
【図4】



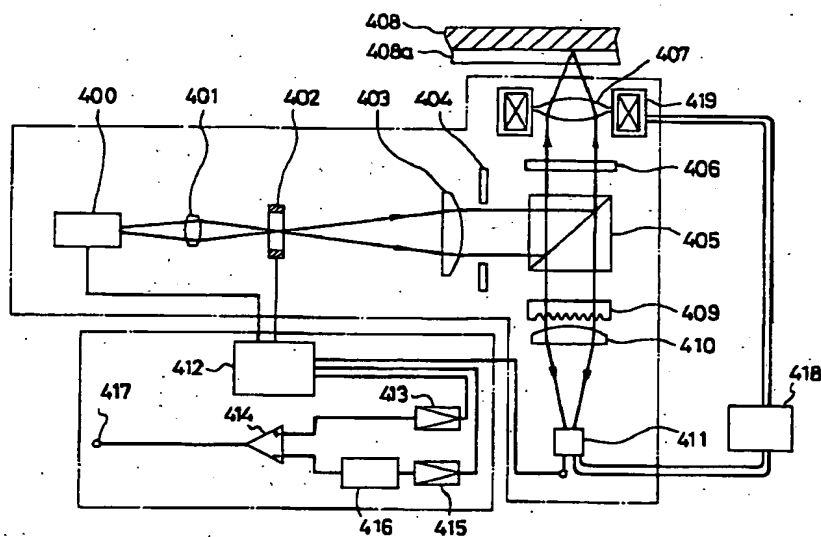
【図5】



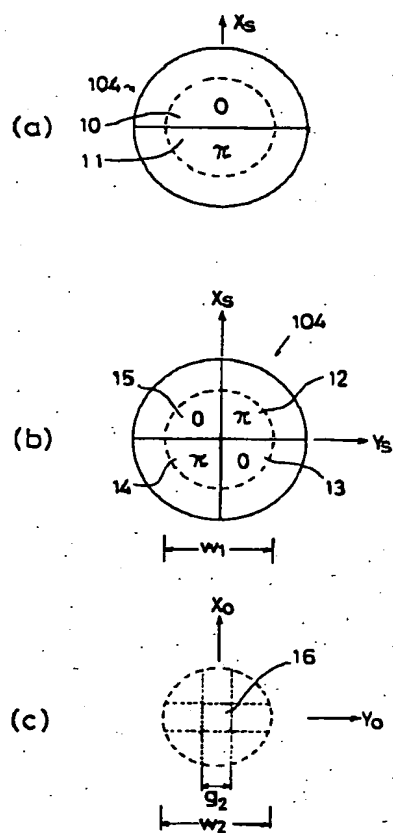
【図7】



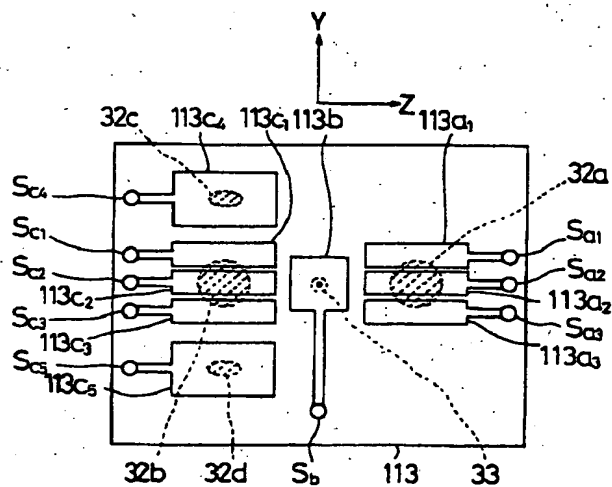
【図6】



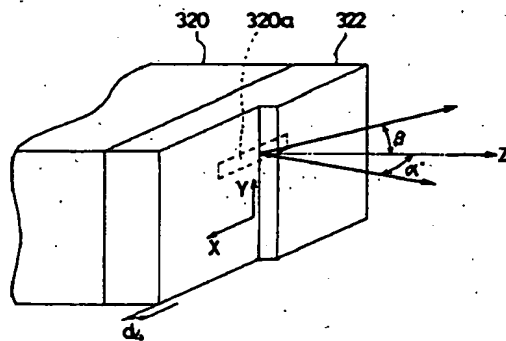
【図9】



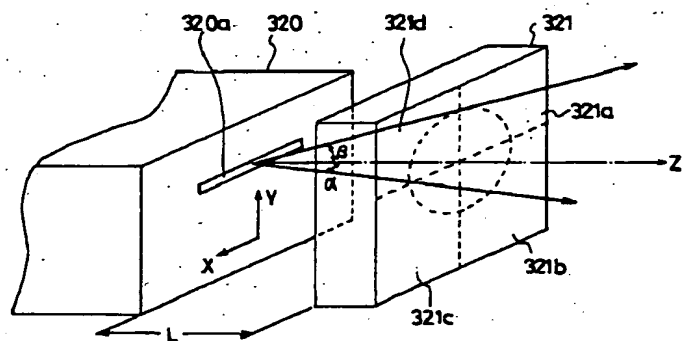
【図8】



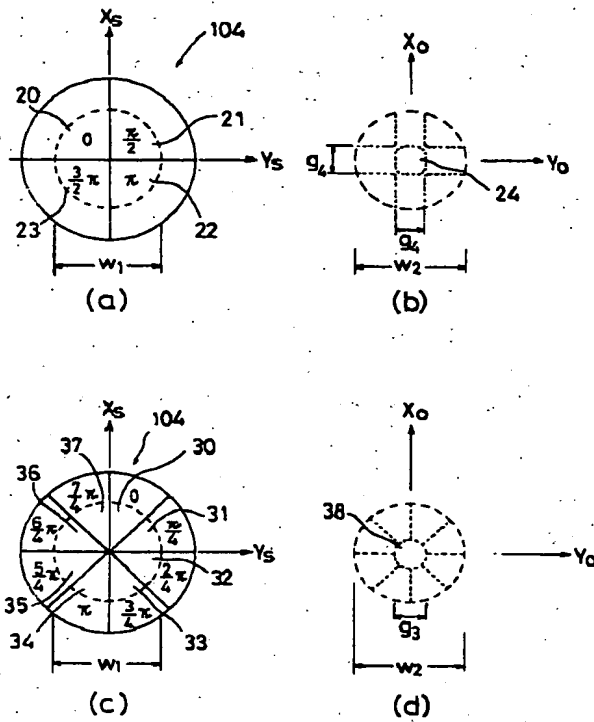
【図13】



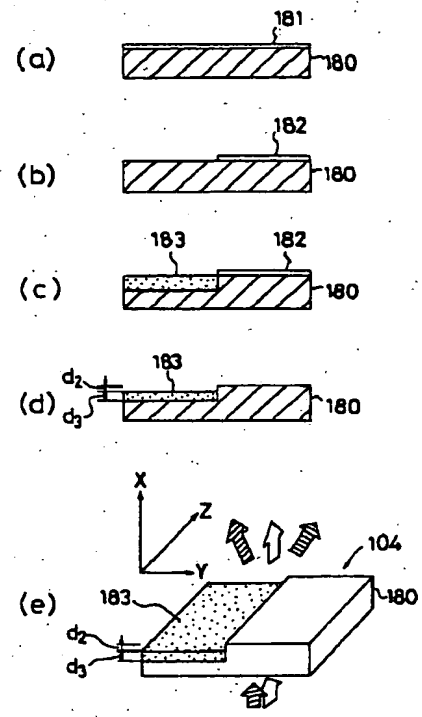
【図12】



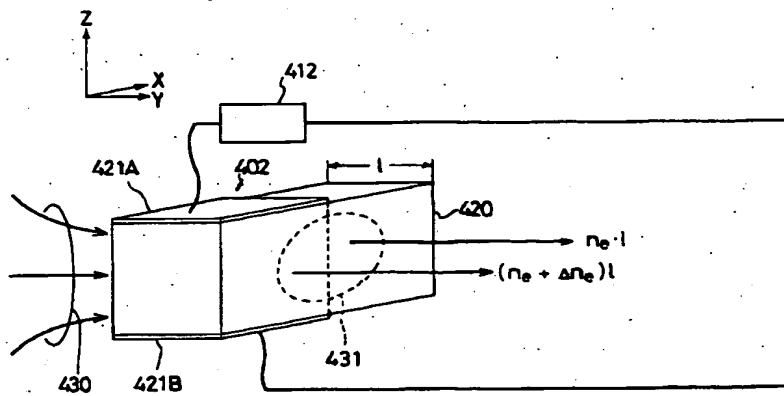
【図10】



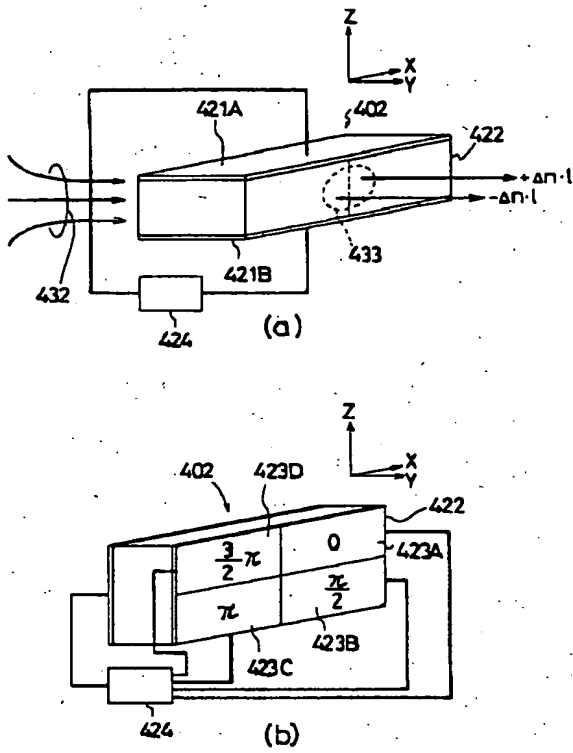
【図11】



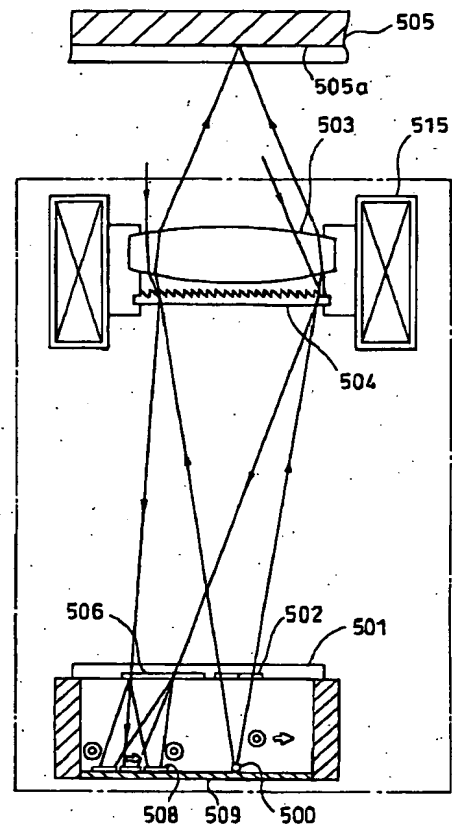
【図14】



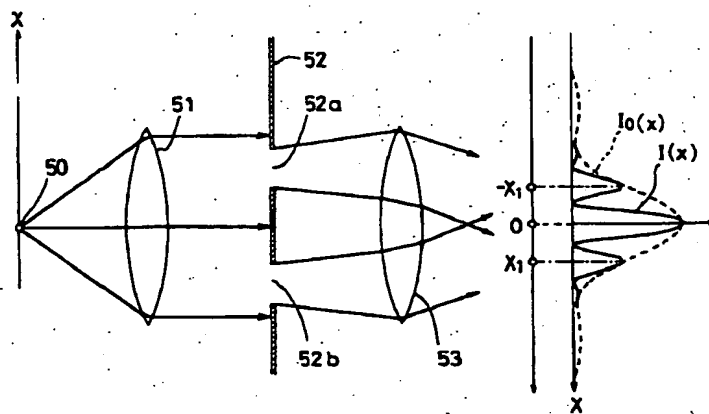
【図15】



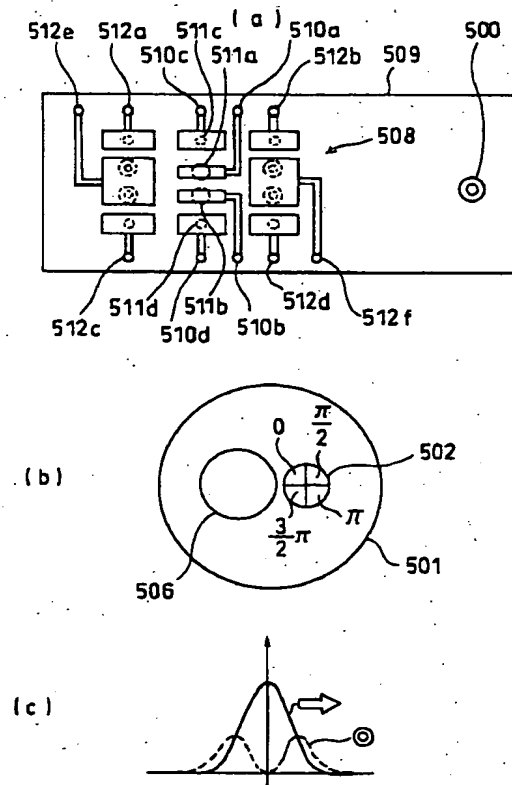
【図16】



【図18】



【図 17】



フロントページの続き

(72) 発明者 山本 博昭
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内

(72) 発明者 山本 和久
大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器
産業株式会社内